



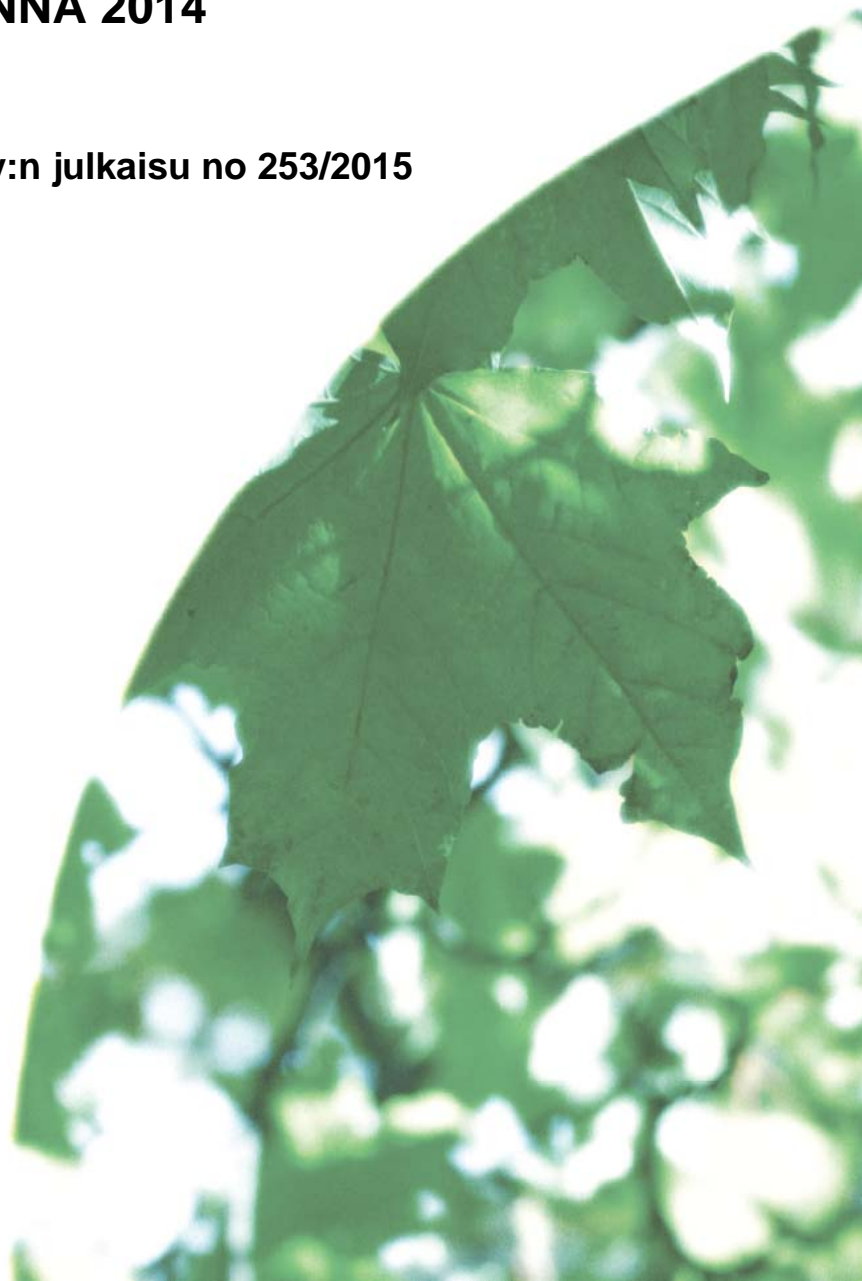
Kymijoen
vesi ja ympäristö ry

KYMIJOEN ALAOSAN POHJAELÄINTARKKAILU (pehmeät pohjat) VUONNA 2014

Kymijoen vesi ja ympäristö ry:n julkaisu no 253/2015

Marja Anttila-Huhtinen

ISSN 1458-8064



TIIVISTELMÄ

Tässä julkaisussa on käsitelty Kymijoen alaosan yhteistarkkailun pehmeiden pohjien pohjaeläintutkimuksen tulokset syksyltä 2014. Pehmeiden pohjien pohjaeläinnäytteet otettiin kuudesta suvantomaisesta paikasta joessa sekä näiden yläpuolisesta Pyhäjärvestä että alapuolisesta Tammijärven järvioltaasta. Kaikki näytteet otettiin liejupohjilta Ekman-pohjaeläinnoutimella (8 rinnakkaisnostoa). Tutkimusalueista Pyhäjärvi ja ylin jokinäyteasema (Voikkaa) ovat Kymijoen alaosan nykyisen kuormituksen yläpuolella. Koko aineistosta tavattiin kaikkiaan 51 lajia. Pohjaeläinten kokonaistiheys oli näyteasemilla 700 – 5 000 yks/m² ja biomassa 0,7 – 10,6 g/m² (WW).

Jokinäyteasemille laskettiin pohjan rehevyyttä kuvaavat River Index (RI) ja River Chironomid Index (RCI). Molempien indeksien mukaan pohjat olivat jokiasemilla lievästi karuja; ainoastaan Erottelu ja Inkeroinen olivat RI:n mukaan rehevän puolella. Kaikilla jokipohjilla selkeästi runsaimmat surviaissääski-indikaattorilajit olivat lievästi karun pohjan lajit *Polypedilum pullum* ja *Stictochironomus sticticus*. Ylin jokiasema, Voikkaa, oli ollut näytteenottoaikaan jo yli 20 vuotta jätevesikuormituksen yläpuolella, mutta indeksien mukaan se ei poikennut muista jokiasemista. Tulosta selittää se, että jätevesikuormitus ja sen osuus Kymijoen kokonaiskuormituksesta on vähentynyt ja vastaavasti hajakuormituksen kasvanut. Indeksien mukaan pohjat ovat puhdistuneet ja karuuntuneet Voikkaan, Inkeroinen ja Karhulan näyteasemilla ajanjaksolla 2006 – 2014.

Järvioltojen tuloksissa tuli jokiasemia selkeämmin esiin Kymijoen rehevöityminen alajuoksua kohti. Pyhäjärven ja Tammijärven lisäksi tarkastelussa oli mukana myös Kymijoen yläosalla oleva Konnivesi. Indeksien mukaan sekä Pyhä- että Tammijärvestä pohjan tila oli parempi kuin aiemmissa tutkimuksissa vuosina 2006–2012.

Eri tutkimusvuosien (2006, 2008, 2010, 2012, 2014) aineistoja testattaessa todettiin pohjaeläinyhteisöjen lajikoostumuksessa ja lajien runsauksissa selviä vuosien ja näyteasemien välisiä vaihteluja. Vaihtelu oli kuitenkin asemakohtaista ja kullakin asemalla erilaista.

Pohjasedimentin toksisuutta arvioitiin *Chironomus* -toukkien (Diptera, Chironomidae) hampaiden epämuodostumavasteen perusteella. Vertailualueella Pyhäjärvellä epämuodostumia ei havaittu lainkaan. Eniten epämuodostumia oli Mäkikylässä (29 %) ja Kuusankoskella (19 %), ja näillä asemilla tulokset poikkesivat erittäin merkittävästi luontaisesta taustatasosta (5 %). Erottelussa ja Tammijärvellä epämuodostumien esiintyminen ei poikennut merkittävästi referenssitilasta. Vaikka Kymijoen alaosan suvantomaisetkin alueet ovat jo puhdistuneet niin, että pohjaeläinyhteisössä esiintyy runsaasti lievästi karun pohjan surviaissääskilajistoa, niin sedimenteissä esiintyy edelleen ainakin paikoin biologisesti haitallisia aineita.

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ

1 JOHDANTO	1
2 TARKKAILUALUE	2
2.1 Kuormitus	2
2.2 Veden laatu	6
3 AINEISTO JA MENETELMÄT	6
3.1 Varsinaiset pohjaeläinnäytteet	7
3.2 Chironomus –epämuodostumanäytteet	8
4 TULOKSET JA TULOSTEN TARKASTELU	10
4.1 Pohjan laatu	10
4.2 Lajisto ja pohjaeläinyhteisöt	11
4.3 Bioindeksit ja pohjantila	15
4.4 Chironomus-toukkien epämuodostumat	21
5 TARKKAILUN JATKAMINEN	24
6 YHTEENVETO	24
VIITTEET	26
LIITTEET 1-3	

1 JOHDANTO

Kymijoen alaosan (Pyhäjärvi- meri) ja sen edustan merialueen kuormittajilla on Itä-Suomen vesioikeuden määräämä velvoite tarkkailla kuormituksen vaikutuksia vastaanottavassa vesistöissä. Velvoite on toteutettu kuormittajien yhteistarkkailuna, jossa käytännön vesistötutkimuksista vastaa Kymijoen vesi ja ympäristö ry. Vuonna 2014 tarkkailu noudatti Kaakkois-Suomen ympäristökeskuksen vuonna 2005 hyväksymää tarkkailuohjelmaa (Dnro 0498Y0085-103). Ohjelman mukaan Kymijoen rehevyyssuranta toteutetaan joka vuosi siten, että pohjaeläin- ja perifytonitutkimukset vuorottelevat. Pohjaeläintutkimukseen kuuluu suvantopaikkojen Ekman-näytteenottoon perustuvan pohjaeläintutkimuksen rinnalla toteutettava surviaissääskien kotelonahkamenetelmä (**Chironomid Pupal Exivial Technique, CPET**) (Wilson & Ruse 2005). Kaakkois-Suomen ELY-keskuksen hyväksymispäätöksen (10.9.2012, KASELY/545/07.00/2010) mukaan pohjasedimentin toksisuutta arvioiva *Chironomus* – epämuodostumatarkkailu oli mukana vuoden 2014 tutkimuksissa.

Tämä julkaisu käsittelee Kymijoen rehevöitymisseurantaan kuuluvan pehmeiden pohjien pohjaeläintutkimuksen tulokset vuodelta 2014. Samana vuonna toteutetun surviaissääskien kotelonahkamenetelmän tulokset on raportoitu erikseen (Raunio 2015). Tässä julkaisussa raportoituihin tarkkailuohjelman mukaisiin pohjaeläintutkimuksiin osallistuivat seuraavat Kymijoen alaosan kuormittajat (yläjuoksulta lukien) (Kuva 1):

UPM Kymmene Oyj, Kymi	Kymin paperitehdas Kuusanniemen sulfaattisellutehdas
Kouvolan kaupunki	Akanojan puhdistamo, lopettanut 12/14 ¹⁾ Mäkikylän puhdistamo
UPM, Myllykoski	Myllykosken paperitehdas, lopettanut 12/11
Kymen Vesi Oy	Halkoniemen puhdistamo, lopettanut 8/10 ²⁾ Huhdanniemen puhdistamo, lopettanut 9/10 ²⁾
Stora Enso Publication Papers Oy Ltd	Anjalan paperitehdas
Stora Enso Ingerois Oy	Inkeröisten kartonkitehdas
Sonoco-Alcore Oy	Karhulan kartonkitehdas

¹⁾ 12/14 – 3/15 puhdistetut jätevedet johdettiin Mäkikylään

²⁾ toiminnassa tulvatilanteissa

2 TARKKAILUALUE

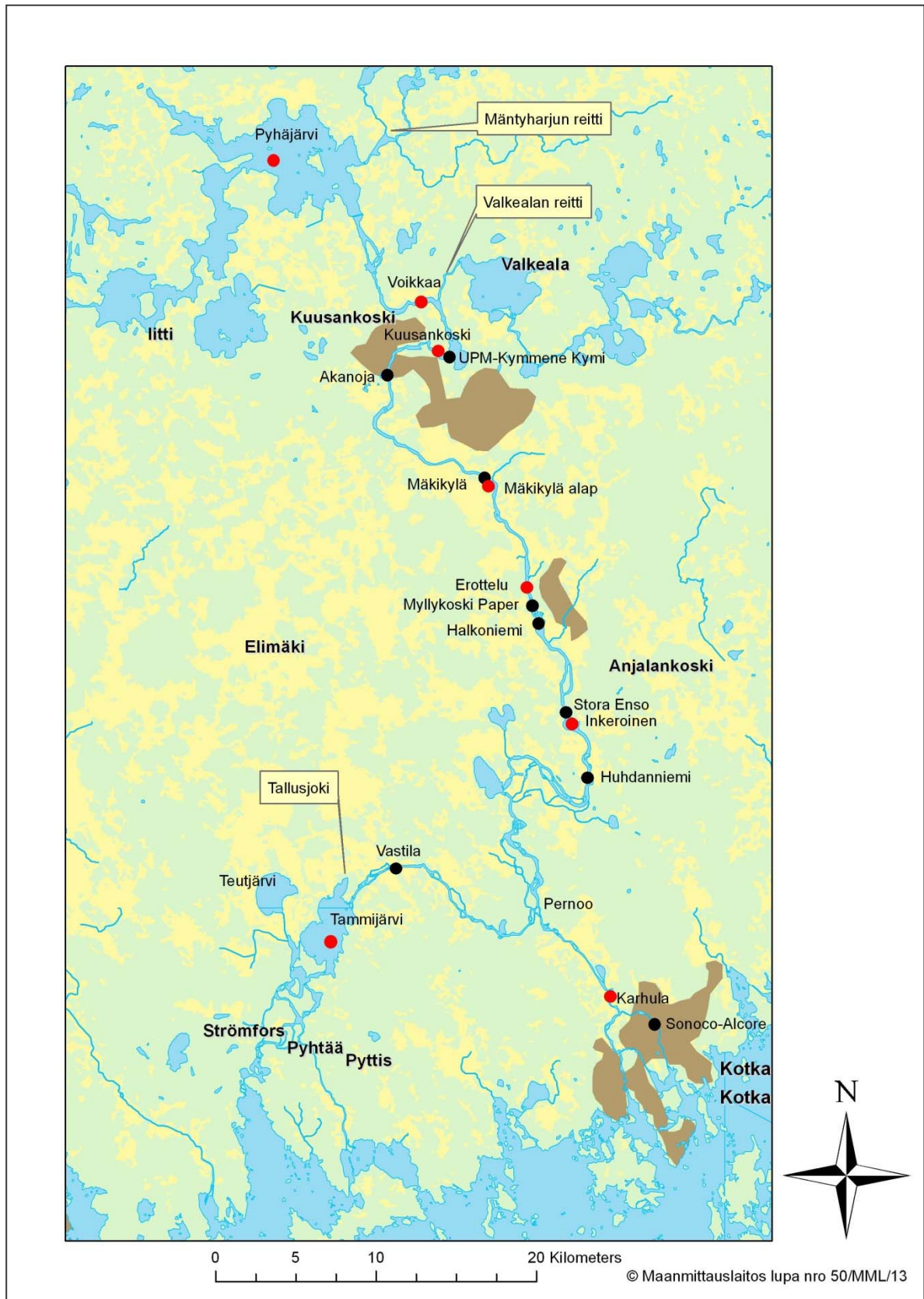
Tarkkailualue käsittää Kymijoen alaosan eli Kymijoen Pyhäjärvestä mereen (Kuva 1). Vesialue on luonteeltaan hyvin jokimainen; lisäksi välillä on muutamia järvilaajentumia. Kymijoki saa lisävesiä Jaalan Pyhäjärven kohdalla Mäntyharjun reitiltä, ja edelleen Kuusankosken yläpuolella Valkealan reitiltä ja lähempänä merta Tammijärven alueelle laskevista Tallus- ja Teutjoesta. Pernoon kohdalla Kymijoki haarautuu kahteen virtaamaltaan lähes yhtä suureen haaraan. Läntinen haara laskee mereen Ruotsinpyhtään ja Pyhtään rajalla, itäinen päähaara Kotkan kaupungin kohdalla.

Kymijoen keskisyvyys on 9,5 metriä. Joen pituus Pyhäjärvestä mereen on noin 85 kilometriä. Vesi virtaa Pyhäjärvestä mereen Kymijoen keskivirtaamalla noin kolmessa vuorokaudessa. Alkuvuodesta 2014 Kymijoessa virtasi normaalia enemmän vettä, mutta heinäkuusta vuoden loppuun virtaama oli selvästi alle normaalin. Vuoden keskivirtaama (Kuusankoskella 282 m³/s) jäi hieman keskimääräistä pienemmäksi (Kuusankoski MQ₁₉₈₁₋₂₀₁₀ 314 m³/s). Maakäyttöä hallitsevat Kymijoen alaosalla metsät ja pellot. Suoalueita on vähän, mikä näkyykin Kymijoessa veden kirkkautena.

2.1 KUORMITUS

Kymijoen alaosalle tulee jätevesikuormitusta sekä teollisuudesta että kunnallisilta jätevedenpuhdistamoilta (Kuva 1). Kymijoen alaosalle tulevaa kuormitusta on käsitelty vuosittaisissa yhteistarkkailun yhteenvedoissa, joista viimeisimmät ovat vuosilta 2014 (Åkerberg 2015) ja 2013 (Åkerberg & Raunio 2014). Vastaavasti viimeisin pitkäaikaisraportti, jossa on käsitelty pidemmällä aikavälillä Kymijoen jätevesikuormituksen kehitystä, on vuosilta 2000–2009 (Kymijoen vesi ja ympäristö ry 2011). Taulukossa 1 on esitetty kuormittajakohtaisesti Kymijoen pistemäinen jätevesikuormitus vuonna 2014. Teollisuus oli edelleen suurin jätevesikuormittaja kiintoaineen ja erityisesti happea kuluttavan COD -kuormituksen osalta. Teollisuuden ja yhdyskuntien jätevesin typpikuormituksessa ei ollut juurikaan eroa, mutta teollisuuden fosforikuormitus oli yli kaksi kertaa suurempaa kuin yhdyskuntien. Kymijoen mereen kuljettamista kiintoaine- ja ravinnemääristä kuitenkin suurin osa on peräisin yläpuolisesta vesistöstä ja alaosan hajakuormituksesta (Åkerberg 2015).

Teollisuus otti käyttöön aktiivilietelaitokset 1980–90 –lukujen taitteessa, mikä näkyi tuolloin erityisesti happea kuluttavan orgaanisen aineen (BOD ja COD) kuormituksen vähenemisenä. Samalla myös teollisuuden kiintoaine- ja fosforikuormitus pienenevät. 2000-luvulla teollisuuden jätevesikuormituksessa ei ole tapahtunut yhtä suuria muutoksia. Kuitenkin verrattaessa kymmenen vuoden takaiseen tilanteeseen, teollisuuden kuormitus on vähentynyt selvästi (Kuva 2). Vuonna 2014 kokonaisjätevesikuormitus oli erityisesti kiintoaine- ja fosforikuormituksen osalta edellisiä vuosia vähäisempää johtuen erityisesti yhdyskuntien jätevesikuormituksen vähenemisestä.

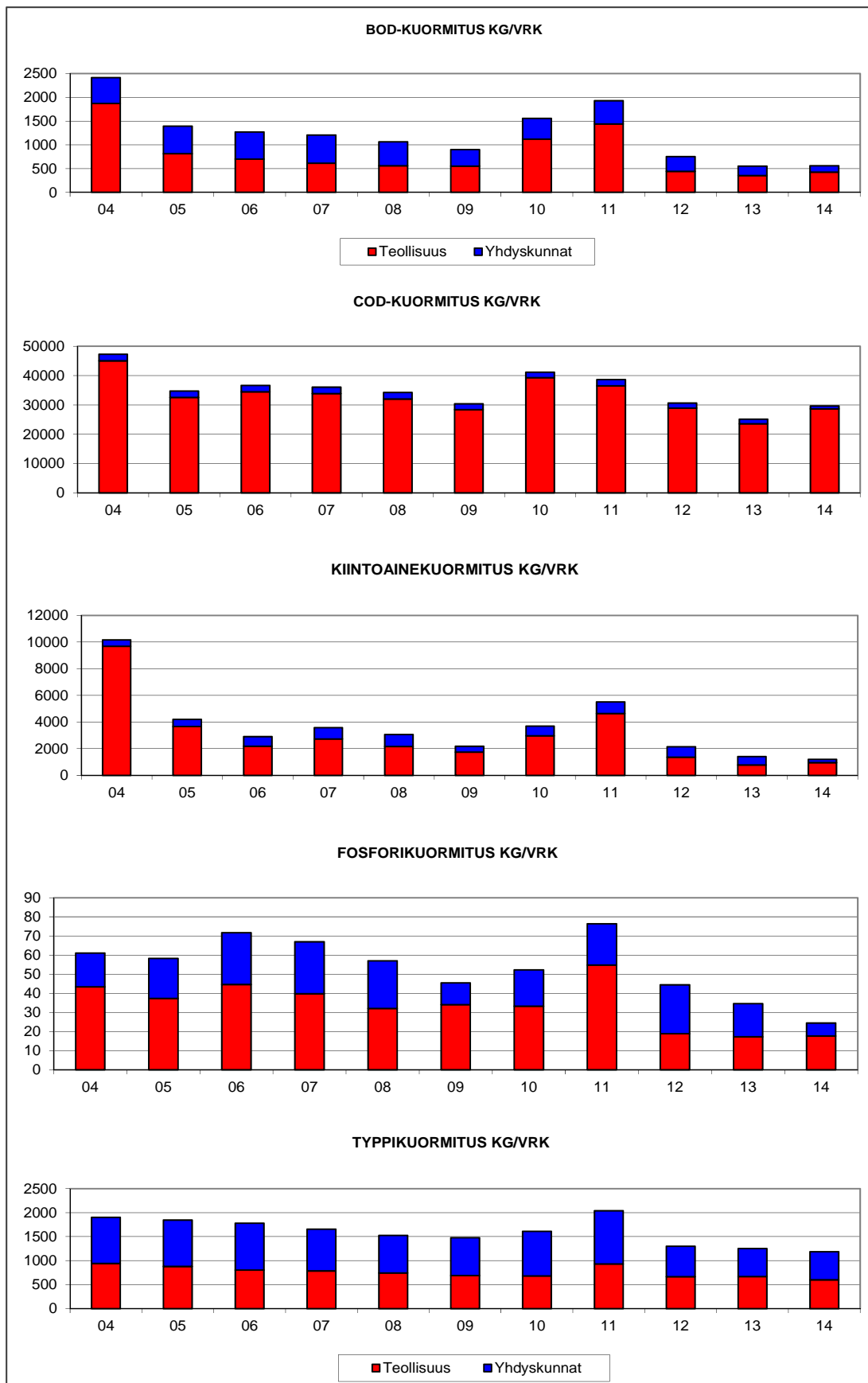


Kuva 1. Kymijoen alaosan pohjaeläintutkimuksen näyteasemat (punaiset pisteet) ja jätevesien purkupisteet (mustat pisteet).

Taulukko 1. Kymijoen alaosan pistekuormitus vuonna 2014. Lisäksi AOX-kuormitusta UPM-Kymmene, Kymiltä 225 kg/vrk. Halkoniemen ja Huhdanniemen puhdistamoita on syksystä 2010 alkaen käytetty vain suurten virtaamien aikaan.

2014						
Kuormittaja						
TEOLLISUUS	Jätevesi	K-aine	BOD₇	COD_{cr}	Kok.P	Kok.N
	m³/vrk	kg/vrk	kg/vrk	kg/vrk	kg/vrk	kg/vrk
UPM-Kymmene, Kymi, paperit. ja sulfaattisellut.	98 740	475	224	22 409	7,1	237
Stora Enso, Anjalan paperi- ja kartonkitehtaat	25 634	461	203	6 121	10,6	362
Sonoco-Alcore, Karhulan kartonkit.	736	17		91		
Teollisuus yhteensä	125 110	953	427	28 621	18	599
YHDYSKUNNAT	Jätevesi	K-aine	BOD₇ATU	COD_{cr}	Kok.P	Kok.N
	m³/vrk	kg/vrk	kg/vrk	kg/vrk	kg/vrk	kg/vrk
Kuusankoski, Akanoja	9 961	99	49	299	3,6	192
Kouvola, Mäkikylä	14 943	135	77	687	3,4	383
Anjala						
* Halkoniemi	133	3,1	1,7	6,8	0,03	3,4
* Huhdanniemi	428	3,7	4,5	17	0,1	8,2
Yhdyskunnat yhteensä	25 465	241	132	1 010	7	587
Teollisuus + yhdyskunnat	150 575	1 194	559	29 631	25	1 186

Yhdyskuntapuhdistamoiden puolella suurin muutos on ollut pienten puhdistamoiden toiminnan lopettaminen ja jätevesien johtaminen suuriin keskuspuhdistamoihin. Tutkimusalueella on lopettanut 1980-luvun lopulta vuoden 2014 loppuun yhteensä 13 yhdyskuntapuhdistamoa, joista osa kuormitti suoraan Kymijoen alaosaan ja osa purki jätevetensä johonkin Kymijoen alaosalta laskevaan pikkujokeen.



Kuva 2. Kymijoen alaosan jätevesikuormituksen happea kuluttavan aineksen (BOD₇ ja COD_{Cr}) sekä kiintoaine- ja ravinnekuormituksen (kg/vrk) kehitys vuosina 2004 – 2014. Lähde: Kaakkois-Suomen ELY-keskus.

2.2 VEDEN LAATU

Kymijoen veden laatua seurataan sekä kuormittajien yhteistarkkailututkimuksessa että viranomaisten toimesta, ja tulokset on käsitelty jokavuotuisissa yhteistarkkailun yhteenvedoissa (Åkerberg 2015, Åkerberg & Raunio 2014) ja pitkäaikaisyhteenvedossa (Kymijoen vesi ja ympäristö ry 2011). Happea kuluttavan orgaanisen aineen kuormitus ei ole enää pitkiin aikoihin aiheuttanut joessa happiongelmia edes pienimmillä virtaamilla, eikä veden happipitoisuudessa ole juurikaan eroa eri näyteasemien välillä. Piste- ja hajakuormituksen vaikutus näkyy tosin edelleenkin useimpien mitattujen aineiden pitoisuusnousuna Rapakosken (kuormituksen yläpuolella) ja kuormituksen alapuolisten näyteasemien välillä, mutta pitoisuusnousut eivät ole suuria (Taulukko 2). Hyvän happitilanteen lisäksi kuormituksen väheneminen näkyy selkeimmin siinä, että jokiveden fosforipitoisuus on laskenut kuormitetulla osalla noin puoleen 1980-luvun tasosta, kun taas kuormituksen yläpuolella fosforipitoisuus on pysynyt jokseenkin samalla tasolla. Vesienhoidon 2. suunnittelukaudella Kymijoen alaosan ekologiseksi tilaksi on todettu tyydyttävä ja kemialliseksi tilaksi hyvää huonompi (Ympäristöhallinto 2014). Tuoreiden vedenlaatutietojen perusteella fosforipitoisuudet olivat kuormituksen yläpuolella erinomaisella tasolla ja alapuolellakin hyvällä tasolla. Typpipitoisuudet ilmensivät kaikilla asemilla hyvää tilaa. Ekologista laatuluokkaa laskevat kuitenkin sekä joen hydrologis-morfologinen tila (välttävä) että joen pohjassa olevat haitalliset aineet (dioksiinit, furaanit, elohopea), joiden poistaminen nyky menetelmillä ei ole turvallista. Myös vaelluskalakantojen nykyinen tila laskee ekologista tilaluokkaa.

Taulukko 2. Kymijoen alaosan vedenlaatu kuormituksen yläpuolella (Rapakoski) ja kuormituksen alapuolella (Huruksela, Karhula ja Ahvenkoski) vuosien 2013-2014 tulosten perusteella (tulosten keskiarvo ja keskihajonta). Lähde:Hertta.

Näyteasema (havaint. määrä)	Kok.P µg/l keskiarvo (S.D)	Kok.N µg/l keskiarvo (S.D)	Sähkönj mS/m keskiarvo (S.D)	Sameus FTU keskiarvo (S.D)
Rapakoski (24)	10,7 (3,5)	546 (85)	6,7 (0,2)	2,3 (1,3)
Huruksela (48)	13,0 (3,9)	592 (77)	7,6 (0,5)	3,3 (2,3)
Karhula (24)	16,2 (5,2)	612 (106)	8,0 (0,4)	4,1 (3,2)
Ahvenkoski (52)	19,7 (14,0)	630 (145)	7,7 (0,6)	8,2 (12,6)

3 AINEISTO JA MENETELMÄT

Vuoden 2014 pohjaeläinnäytteet haettiin loppusyksystä kaikkiaan kahdeksalta eri näyteasemalta (Kuva 1, Taulukko 3). Pyhäjärven ja Tammijärven näyteasemat edustavat Kymijoen alaosan selkeitä järvi-altaita tutkimusalueen ylä- ja alapäässä. Näyteasemat sijaitsevat kummassakin järvessä läpivirtausalueella. Muut kuusi näyteasemaa ovat joen suvantomaisia paikkoja, joilta löytyy pehmeää liejupohjaa. Näyteasemista Pyhäjärvi ja Voikkaa edustavat Kymijoen alaosan nykyisen kuormituksen yläpuolista tilaa ja vastaavasti viisi virtapaikkaa ja Tammijärvi kuormituksen alapuolista tilaa.

Taulukko 3. Näyteasemien (nimi pohjaeläinrekisterissä) syvyydet, näytteenottopäivämäärät, pohjanlaatutiedot ja näyteaseman koordinaatit (KKJ YK) vuonna 2014.

Asema	Syv m	Pvm	Pohjan laatu + muuta	Koordinaatit KKJ YK
Pyhäjärvi (0) (Kymijoki, Pyhäjärvi 0)	11,4	6.11.14	lieju, alla savensekainen lieju hapellinen pintakerros n. 2 cm	6766207-3472060
Voikkaa (1) (Kymijoki, Väkkärä)	10,0	27.10.14	lieju, alla savensekainen lieju; kuitua nostojen ositus: 1. ja 2 maastossa 1/2 ja nostot 2.-8. poimittaessa 1/2 - 1/4	6757704 - 3481090
Kuusankoski (2) (Kymijoki Kuusankoski 6)	6,2	27.10.14	lieju, alla seassa savea; kuitua nostojen ositus: nostot 2. - 8. poimittaessa 1/2 - 1/4	6755177 - 3480159 tarkat koordinaatit:6755170 - 3480100
Mäkikylän alapuoli (8A) (Kymijoki Mäkikylän alapuoli 8A)	8,0	30.10.14	lieju, alla seassa savea; kuitua ja öljyä nostojen ositus: kaikki nostot poimittaessa 1/4	6746612 - 3485113
Erottelu (9A) (Kymijoki Erottelu 9A)	6,7 - 8,3	3.11.14	lieju, alempana seassa savea; kuitua nostojen ositus: nosto 5. poimittaessa 1/2	6741166 - 3487685 tarkat koordinaatit: 6741100 - 3487670
Inkeroinen (11) (Kymij Inkeroinen Koskenalus 11)	10,8	29.10.14	lieju, seassa vähän savea, hiekkaa; kuitua nostojen ositus: kaikki nostot maastossa 1/2, kaikki nostot poimittaessa 1/2 - 1/4	6731374 - 3490389 tarkat koorninaatit: 6731370 - 3490500
Karhula (13) (Kymij Karhula Jäppilänlahti 14)	3,3	3.11.14	lieju, seassa savea ja hiekkaa/soraa nostojen ositus: nostot 2. ja 3 poimittaessa 1/2	6714493 - 3492893 tarkat koordinaatit: 6714490 - 3492890
Tammijärvi (23) Kymijoki Tammijärvi 23)	10,0	10.11.14	lieju, alempana seassa savea hapellinen pintakerros n. 1 cm	6717856 - 3475944 tarkat koordinaatit: 6717800 - 3475500 Chironomus: 6717821 - 3475950

3.1 VARSINAISET POHJAEÄLÄINNÄYTEET

Näytteenotossa ja -käsittelyssä noudatettiin vesi- ja ympäristöhallinnon ohjeita (Mäkelä ym. 1992, SFS 1989, Kantola ym. 2001). Näytteet otettiin Ekman-pohjanoutimella (nro 2, pinta-ala 231 cm²), ja kultakin näyteasemalta otettiin kahdeksan rinnakkaisnostoa, jotka käsiteltiin erikseen. Näytteet seulottiin 0,5 mm:n seulalla ja poimittiin tuoreeltaan laboratorioissa suurennuslampun avulla ja säilöttiin 70 %:een etanoliin. Näytteet punnittiin ryhmittäin 0,1 mg:n tarkkuudella. Nilviäiset punnittiin kuorineen. Suuria simpukoita (*Unio*, *Anodonta*) ei punnittu eivätkä ne siis ole mukana kokonaisbiomassassa. Erityisesti jokiasemilla, joilla esiintyi pohjasedimentissä kuitua, näytteitä jouduttiin osittamaan ennen poimintaa (Taulukko 3).

Pohjaeläinnäytteet määrittä Marja Anttila-Huhtinen. Eri taksonomisten ryhmien määrittäytasossa pyrittiin noudattamaan ympäristöhallinnon ohjeita (Meissner ym. 2013). Pohjaeläinaineisto pyrittiin määrittämään tärkeimpien ryhmien osalta lajitasolle ja määrittäyskirjallisuutena käytettiin soveltuvin osin ympäristöhallinnon internet-sivuilla listattua kirjallisuutta (Meissner 2012). Nostokohtaiset yksilömäärä- ja tuorepainotulokset on viety ympäristöhallinnon (Hertta) pohjaeläinrekisteriin.

Tilastollisena menetelmänä käytettiin NMS-ordinaatioanalyysiä, jolla kuvattiin kaksiulotteisessa ordinaatiossa näytteiden ja näyteasemien eroja ja yhtäläisyyksiä. Tämän lisäksi PerManova –testillä tarkasteltiin asemakohtaisia eroja pohjaeläinyhteisöjen koostumuksessa ja asemien parittaisessa vertailussa ja SumF-testi antoi tietoa näyteasemien eroja korostavista lajeista. Vuoden 2014 pohjaeläinaineistoa verrattiin vuosiin 2012 ja 2010 Mantelin testillä. PerManova- että SumF –testeillä tarkasteltiin sekä asemien

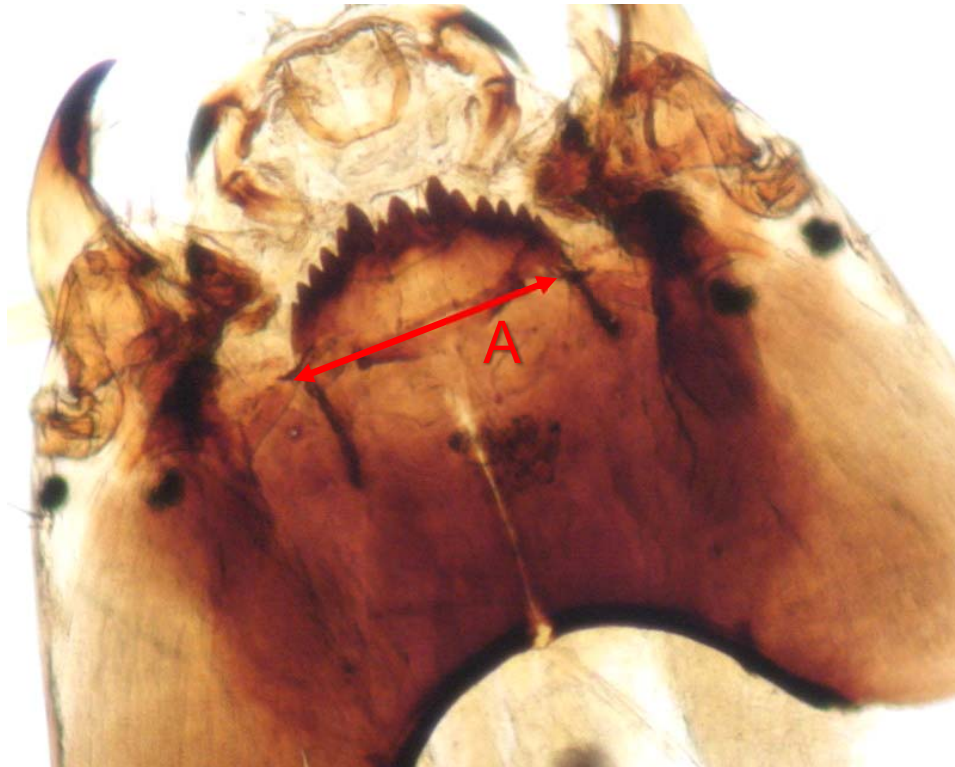
että tutkimusvuosien välisiä eroja vuosien 2006-2014 aineistoissa. SumF –analyysi antoi vielä lisätietoa niistä lajeista, joiden esiintyvyydessä oli suuria asemien tai vuosien välisiä eroja. Tilastollisista analyyseistä vastasi Janne Raunio ja ne tehtiin PC-ORD –ohjelmalla.

Aineistosta laskettiin tiettyjen harvasukasmatojen ja surviaissääsken toukkien suhteelliseen runsauteen perustuva jokien hitaasti virtaavien osien bioindeksi, RI (River Index, Liite 1) (Paasivirta 1997) ja tästä kehitelty RCI (River Chironomid Index, Liite 1), joka perustuu pelkästään tiettyjen surviaissääskitoukkien suhteelliseen runsauteen (Haikonen ym. 2007). Järvinäyteasemille eli Pyhä- ja Tammijärvelle laskettiin järvien profundaalialueille soveltuva Chironomidae-indeksi (CI) (Liite 1), joka perustuu tiettyjen surviaissääsken toukkien suhteelliseen runsauteen (Paasivirta 2000) ja järvien ekologiseen luokitteluun kehitetty PICM – pohjaeläinindeksi (Profundal Invertebrate Community Metric) (Jyväsjärvi & Hämäläinen 2011, Aroviita ym. 2012). PICM huomioi surviaissääsken ohella myös muut syvänealueiden taksonomiset ryhmät. PICM:n havaitun arvon, paikkakohtaisen vertailuarvon ja alkuperäisen ELS-arvon (Ekologinen laatusuhde) laskennassa käytettiin hyväksi ympäristöhallinnon sisällä laadittua Excel –laskentapohjaa. Pyhäjärvi on tyypiltään suuri, vähähumuksinen järvi (SVh) ja Tammijärvi lyhytviipymäinen (Lv).

3.2 CHIRONOMUS -EPÄMUODOSTUMANÄYTTEET

Ohjelman mukaan pohjasedimentin toksisuutta arvioitiin surviaissääsken (Diptera: Chironomidae) toukan suosan epämuodostumiin perustuvalla menetelmällä. Surviaissääsken toukkien suosissa on havaittu epämuodostumia, joiden esiintymisfrekvenssin on todettu olevan varsin käyttökelpoinen pohjasedimentin saastuneisuuden indikaattori (Vermeulen 1998, Meregalli 2001, Hämäläinen 1999). Epämuodostumia analysoitiin *Chironomus* –suvun surviaissääsken toukista, koska niistä on käytettävissä Suomesta ja myös Kymijoesta aiempaa tutkimustietoa (Kiiski ym. 2007, Vuori ym. 2009, Häkkinen & Anttila-Huhtinen 2009, Anttila-Huhtinen 2010, Anttila-Huhtinen 2013). Kaikilta 8 näyteasemalta kerättiin erillisellä Ekman-näytteenotolla *Chironomus* –toukkia ja näytteet seulottiin maastossa karkealla 1 mm:n seulalla. Pyrkimyksenä oli saada noin 100 riittävän kokoista *Chironomus*-toukkaa kultakin näyteasemalta. Lisäksi epämuodostumataarkasteluun otettiin mukaan varsinaisista pohjaeläinnäytteistä löytyneet *Chironomus* –toukat. Tutkimuksessa käytetyt *Chironomus*-suvun toukat määritettiin eri tyyppeihin (Lenz 1954, Lindeberg & Wiederholm 1979 mukaan). Pääkapselista tehtiin tutkimusmikroskopointia varten preparaattit, joista epämuodostumat katsottiin.

Eri toukkavaiheiden epämuodostumafrekvenssien on todettu poikkeavan toisistaan ja olevan suurimpia neljännen toukkavaiheen yksilöillä (Vermeulen 1998, Vermeulen ym. 2000). Jo alun perin epämuodostumataarkasteluun otettiin mukaan vain suhteellisen suurikokoiset *Chironomus*-toukat. Mikroskopoitaessa mitattiin kaikilta toukilta mentumin leveys (Kuva 3) (Johnson & Pejler 1987, Frouz 2002). Mikroskopoitaessa tämän mitan on todettu olevan luotettavampi kuin pääkapselin leveyden mittaaminen (Häkkinen & Anttila-

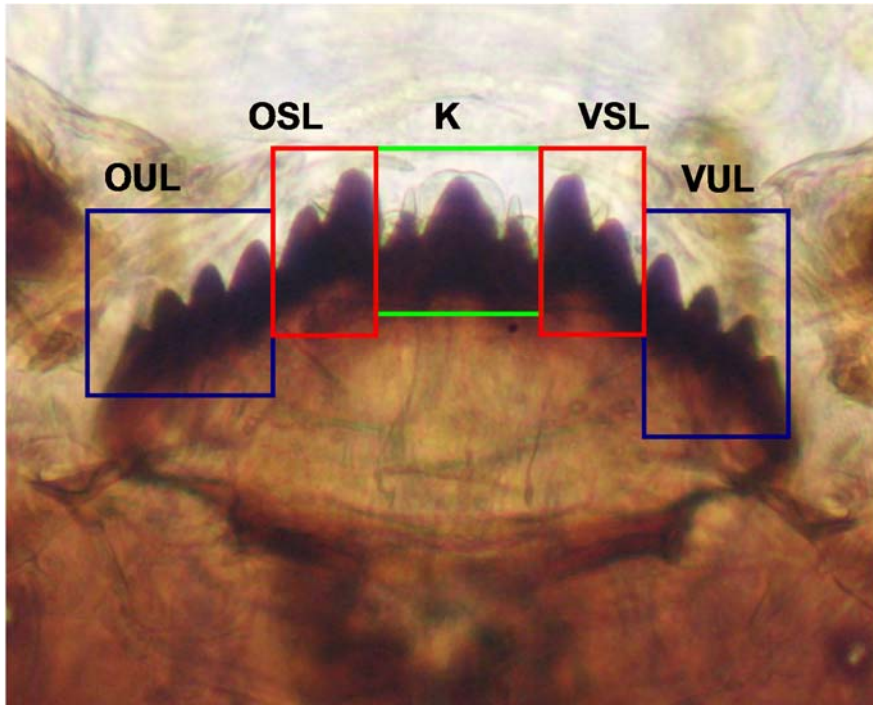


Kuva 3. Toukkavaiheen taustatiedoksi mitattiin mentumin leveys (A).

Huhtinen 2009). Saatuja mittaustuloksia verrattiin edellisiin vastaavaan tutkimuksiin eli vuosien 2010 ja 2008 tuloksiin.

Chironomus-toukan normaali alaleuan tyvijaoke eli mentum koostuu yhteensä 15 hampaasta, jotka jaetaan keskihampaisiin sekä sisempiin ja ulompiin lateraalihampaisiin (Kuva 4). Kaikki preparaateilla olevat pääkapselit käytiin läpi tutkimusmikroskoopilla (Nikon ECLIPSE E400) ja kirjattiin ylös mahdolliset mentumin epämuodostumat, joita ovat esimerkiksi ylimääräiset tai puuttuvat hampaat sekä muu hampaiston epäsymmetrisyys. Toukat, joiden suosissa havaittiin vain murtumia tai kulumia, kirjattiin normaaleiksi yksilöiksi.

Aineistosta laskettiin kullekin tutkimusalueelle epämuodostumavaste eli epämuodostuneiden toukkien suhteellinen osuus, deformity index (DI). Yleensä epämuodostumafrekvenssi ilmoitetaan prosentteina (DI%). PC-ORD ohjelman epäparametrisiin testeihin kuuluvalla binomitestillä verrattiin näyteasemakohtaisia epämuodostumafrekvenssejä normaaliin taustatasoon.



Kuva 4. *Chironomus*-toukan (*C. plumosus/semireductus-t.*) normaali mentum. Normaaliin hampaistoon kuuluu 3 kpl keskihampaita (K), 2 kpl oikeita ja vasempia sisempiä lateraalihampaita (OSL ja VSL) sekä 4 kpl oikeita ja vasempia ulompia lateraalihampaita (OUL ja VUL).

4 TULOKSET JA TULOSTEN TARKASTELU

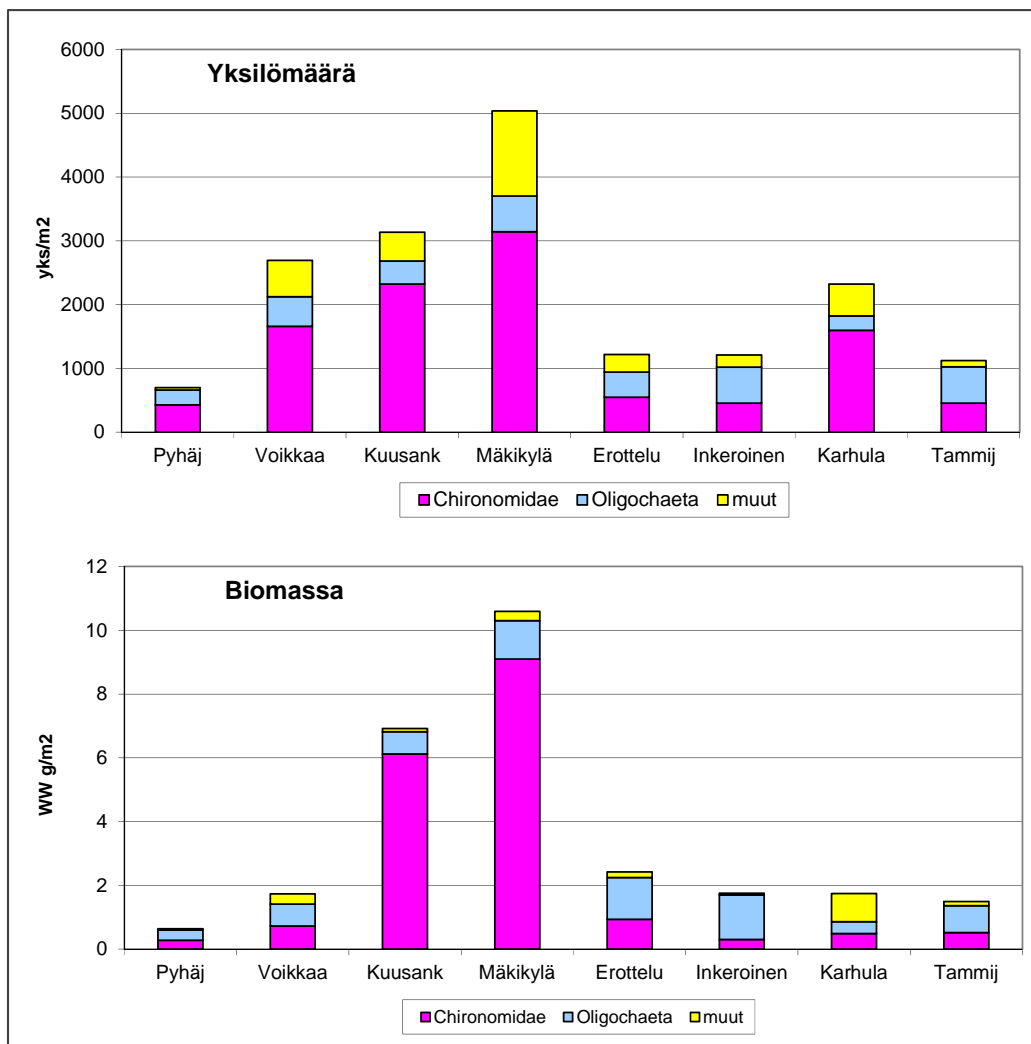
4.1 POHJAN LAATU

Näyteasemat/-alueet on valittu siten, että kaikkien asemien kaikki nostot otettiin pehmeältä liejupohjalta. Nostot olivat tilavuudeltaan 1 - 3 litraa (moodi 1,5 litraa). Nostot olivat tilavuudeltaan pienimpiä Karhulan näyteasemalla (as 13) ja vastaavasti suurimpia järvioltaissa eli Pyhä- (as 0) ja Tammijärvessä (as 23). Tarkkailuohjelman mukaisesti Kymijoen pehmeiden pohjien pohjaeläintutkimuksessa kiinnitetään erityistä huomiota näyteasemien välisen ja sisäisen vertailtavuuden parantamiseen. Näyteasemiksi / -alueiksi on valittu joen suvantopaikkoja, painanteita, joista löytyy hyvin pehmeää liejupohjaa ja josta saa hyvin ja helposti nostettua kaikki 8 rinnakkaisnostoa. Tällaiset alueet edustavat kuitenkin vain yhtä osaa Kymijoessa esiintyvistä erilaisista pohjatyypeistä ja alueista. Liejun lisäksi kaikilla asemilla esiintyi myös savea ja erityisesti Karhulan näyteasemalla myös hiekkaa. Kaikilla jokinäyteasemilla Karhulaa lukuun ottamatta esiintyi pohjasedimentissä enemmän tai vähemmän kuitua, mikä tulee erityisesti esille seulonnessa ja joillain asemilla vasta näytteiden poimintavaiheessa. Seuloksen määrän perusteella kuitua oli eniten Inkeröisten näyteasemalla ja seuraavaksi eniten Voikkaan ja Kuusankosken näyteasemilla. Suuren kuitumäärän vuoksi erityisesti näillä näyteasemilla näytteitä jouduttiin osittamaan ennen poimintaa tai joissain tapauksissa jo maastossa (Taulukko 3). Myös näyteasemien näyteenottoosyyvyksissä pyrittiin yhtäläisyyteen, ja suurimmalla osalla näyteasemista

syvyyttä olikin noin 10 metriä. Karhulan näyteaseman syvyys oli kuitenkin vain 3,3 metriä ja Kuusankosken 6,2 metriä.

4.2 LAJISTO JA POHJAEÄLÄINYHTEISÖT

Näyteasemien lajilistat ja tulokset on esitetty liitteissä (Liite 2, Liite 3). Määritettyjä taksoneja oli kaikkiaan 51. Pohjaeläinten kokonaistiheys vaihteli välillä 700 - 5040 yks/m² (nostojen välinen keskivirhe 4 -18 %, keskimäärin 12 %) ja kokonaisbiomassa välillä 0,6 – 10,6 g/m² (Kuva 5).



Kuva 5. Pohjaeläinten kokonaistiheys (yks/m²) ja kokonaisbiomassa (g/m²) Kymijoen alueen näyteasemilla vuoden 2014 tutkimuksessa. Kaikilla näyteasemilla tärkeimmät pohjaeläinryhmät sekä yksilömäärältään että biomassaltaan olivat surviaissääsket (Chironomidae) ja harvasukasmadot (Oligochaeta). Mäkikylän asemalla yksilömäärää nostivat myös polttiaistoukat (Ceratopogonidae).

Tärkeimmät pohjaeläinryhmät olivat selkeästi surviaissääsket ja harvasukasmadot, joiden osuus oli 73–95 % näyteasemien kokonaisuusyksilömäärästä (ka 83 %). Myös biomassoista kahden pääryhmän osuus oli samaa tasoa (81 - 99 %) Karhulan asemaa lukuunottamatta (49 %). Sekä pohjaeläinten yksilömäärä että biomassa olivat suurimmat Mäkikylän asemalla; yksilömäärää kasvattivat sekä runsaslukuisena esiintyvät *Stictochironomus sticticus* ja *Polypedilum pullum* –surviaissääskentoukat että *Ceratopogonidae* – polttiaissääskentoukat. Kookkaat *Stictochironomus sticticus* -toukat lisäsivät myös aseman biomassaa. Sekä yksilömäärät että biomassat olivat pienimmät vertailualueella Pyhäjärvässä.

Koko aineiston selvästi runsain laji oli lievästi karun pohjan surviaissääskilaji *Stictochironomus sticticus*, vaikka lajia ei tavattukaan kaikilla asemilla. Muita yleisiä ja runsaana esiintyviä lajeja olivat polttiaissääskentoukat (*Ceratopogonidae*), rehevän pohjan harvasukasmadot *Potamothrix/Tubifex* ja *Limnodrilus hoffmeisteri*, joksapaikan surviaissääskilajit *Procladius* ja *Paralauterborniella nigrohalteralis* sekä lievästi karun pohjan surviaissääskilaji *Polypedilum pullum*. Surviaissääskilajistoon perustuvien pohjan rehevyyttä kuvaavien indeksien (CI ja RCI) indikaattorilajeista selvästi runsaimpia olivat lievästi karun pohjan lajit *Stictochironomus sticticus* ja *Polypedilum pullum*. Jokipaikoista lajeja oli eniten Karhulan näyteasemalla (30 taksonia) ja vähiten Inkeröisten näyteasemalla (13 taksonia).

Järvinäyteasemilla lajirunsaus vaihteli välillä 8 (Pyhäjärvi) – 14 (Tammijärvi). Biomassoihin perustuvan pohjan ravinteisuusluokituksen (Paasivirta 1984) mukaan molemmat järviaaltaat olivat jokseenkin niukkaravinteisia (Taulukko 4). Kymijoen yläosalla sijaitsevan Konniveden alaosalla saman syvyysvyöhykkeen keskimääräinen pohjaeläinbiomassa oli vuonna 2013 vain 0,31 g/m² (WW) (Anttila-Huhtinen 2014a), joten siellä pohja oli niukkaravinteinen.

Taulukko 4. Profundaalin makrofaunan keskimääräiseen biomassaan (WW=märkápaino) perustuva pohjan ravinteisuuden alustava luokitus (Paasivirta 1984).

Pohjan ravinteisuus	Biomassa g/ m ² WW
Niukkaravinteinen	0,1-0,5
Joks. niukkaravinteinen	0,5-1,6
Lievästi ravinteikas	1,6-6,0
Ravinteikas	6,0-17,0
Erittäin ravinteikas	yli 17,0
Myrkyllinen	alle 0,1

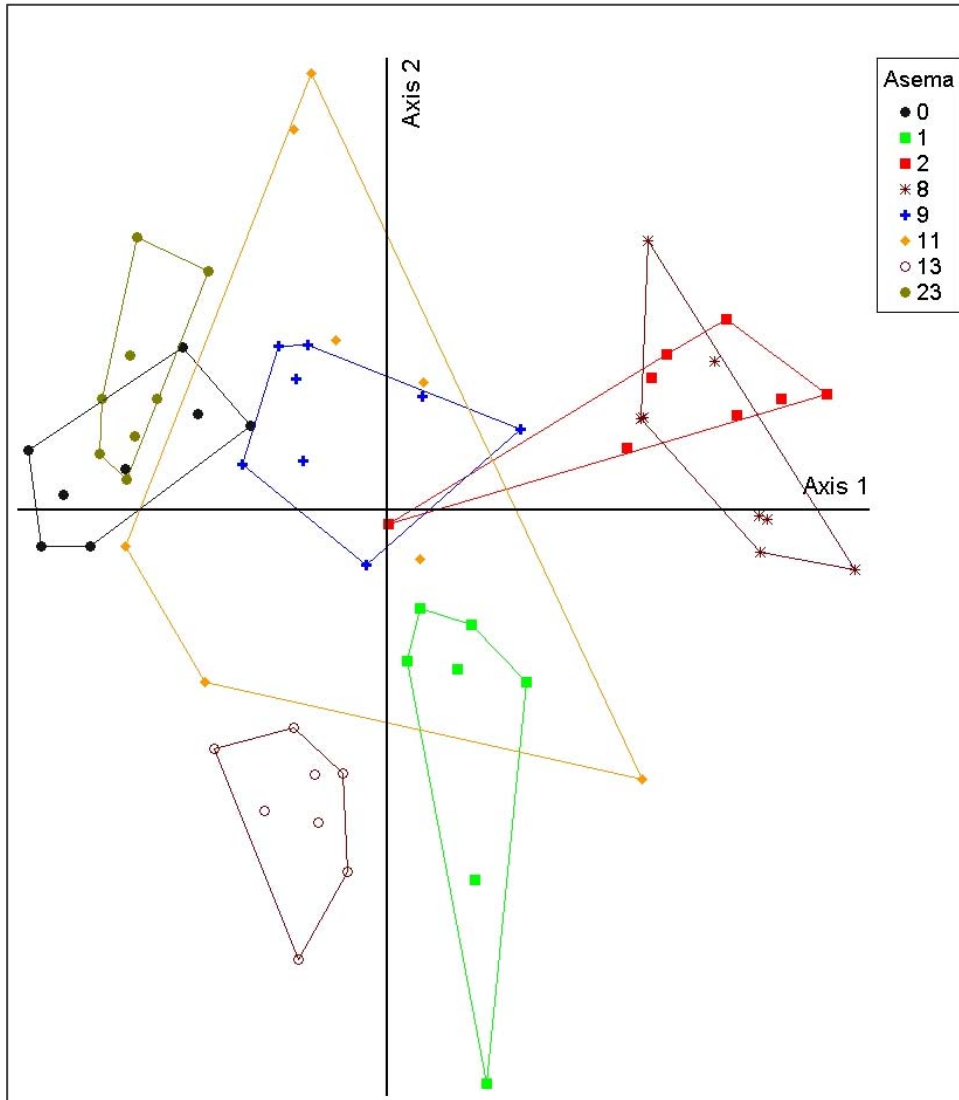
Tällä kertaa näytteissä ei esiintynyt uhanalaisuusluokituksessa (Rassi ym. 2010) mainittuja lajeja; edellisessä vastaavassa tutkimuksessa vuonna 2012 (Anttila-Huhtinen 2014b) näytteissä tavattiin silmällä pidettävää *Potamanthus luteus* –päivänkorentoa, vaarantanutta *Ephemera lineata* –päivänkorentoalajia ja silmällä pidettävää virtaludetta (*Aphelocheirus aestivalis*).

Nostojen ja näyteasemien pohjaeläinyhteisöjen välistä vaihtelua kuvaavassa NMS –ordinaatiossa (Kuva 6) 1. akseli erotteli näyteasemia näyteympäristön järvisyyden –jokisuuden mukaan. Akselin 1 toisessa päässä olivat järviaaltaat Pyhäjärvi ja Tammijärvi. Jokiasemat olivat ko. akselilla liukuvana sarjana siten, että akselin toisessa päässä olivat Kuusankosken ja Mäkikylän näyteasemat. Järvi- ja jokinäyteasemien erot eivät kuitenkaan olleet yhtä selkeitä kuin edellisessä vastaavassa tutkimuksessa vuonna 2012, jolloin Kymijoen virtasi selvästi normaalia enemmän vettä; tuolloin vesimäärien kasvaessa viipymät lyhenivät ja suvantopaikkojen jokimaisuus voimistui. 2 –akseli erotteli muista näyteasemista erilleen ennen kaikkea Karhulan aseman, joka oli asemista matalin ja poikkesi muista näyteasemista karkeamman pohjanlaatunsa vuoksi. Erityisesti erilaisesta pohjanlaadusta johtuen Karhulan -näyteasemalla esiintyi monipuolisempaa lajistoa kuin muilla näyteasemilla, joilla pohja oli selkeämmin liejupohjaa; Karhulan asemalla tavattiin mm. vesiperhos- ja päivänkorentolajistoa. Merkittäviä lajeja NMS –ordinaation esittämässä erottelussa olivat *Stictochironomus sticticus*, *Chaoborus flavicans*, *Arctonais lomondi* ja *Harnischia curtilamellata*. NMS-ordinaation mukaan näyteaseman sisäinen vaihtelu oli suurinta Inkeröisissä (Koskenalusjärvi), kun taas muilla asemilla sisäinen vaihtelu oli aika vähäistä (Kuva 6).

Näyteasemien lajikoostumukset poikkesivat toisistaan erittäin merkitsevästi PerManova-testin mukaan (testisuure $F=9,2524$, $p<0,001$). Myös parittaisessa vertailussa näyteasemien väliset erot todettiin yleensä merkitseviksi; ainoastaan Kuusankosken ja Mäkikylän sekä Erottelun ja Inkeröisten näyteasemien pohjaeläinyhteisöt eivät poikenneet toisistaan merkitsevästi (Taulukko 5), mikä oli havaittavissa myös NMS-ordinaatiossa (Kuva 6).

Taulukko 5. Näyteasemien pohjaeläinyhteisöjen parittainen testaaminen PerManova-testillä siten, että jokinäyteasemia on vertailtu keskenään ja järvinäyteasemia keskenään. Lähes kaikki näyteasemat poikkesivat toisistaan erittäin merkitsevästi. Vähiten toisistaan erosivat Kuusankosken ja Mäkikylän näyteasemien pohjaeläinyhteisöt.

Asemien parittainen vertailu		t-testisuure	p
Pyhäjärvi	Tammij	2,7786	<0,001***
Voikkaa	K-koski	2,6116	<0,01**
Voikkaa	Mäkikylä	2,5738	<0,001***
Voikkaa	Erottelu	2,5866	<0,001***
Voikkaa	Inkeröinen	1,5818	<0,01**
Voikkaa	Karhula	2,084	<0,001***
K-koski	Mäkikylä	1,2407	0,140
K-koski	Erottelu	3,2475	<0,001***
K-koski	Inkeröinen	2,3839	<0,01**
K-koski	Karhula	4,4484	<0,001***
Mäkikylä	Erottelu	3,5549	<0,001***
Mäkikylä	Inkeröinen	2,6341	<0,001***
Mäkikylä	Karhula	4,4053	<0,001***
Erottelu	Inkeröinen	1,4691	<0,05*
Erottelu	Karhula	3,4637	<0,001***
Inkeröinen	Karhula	2,6462	<0,001***



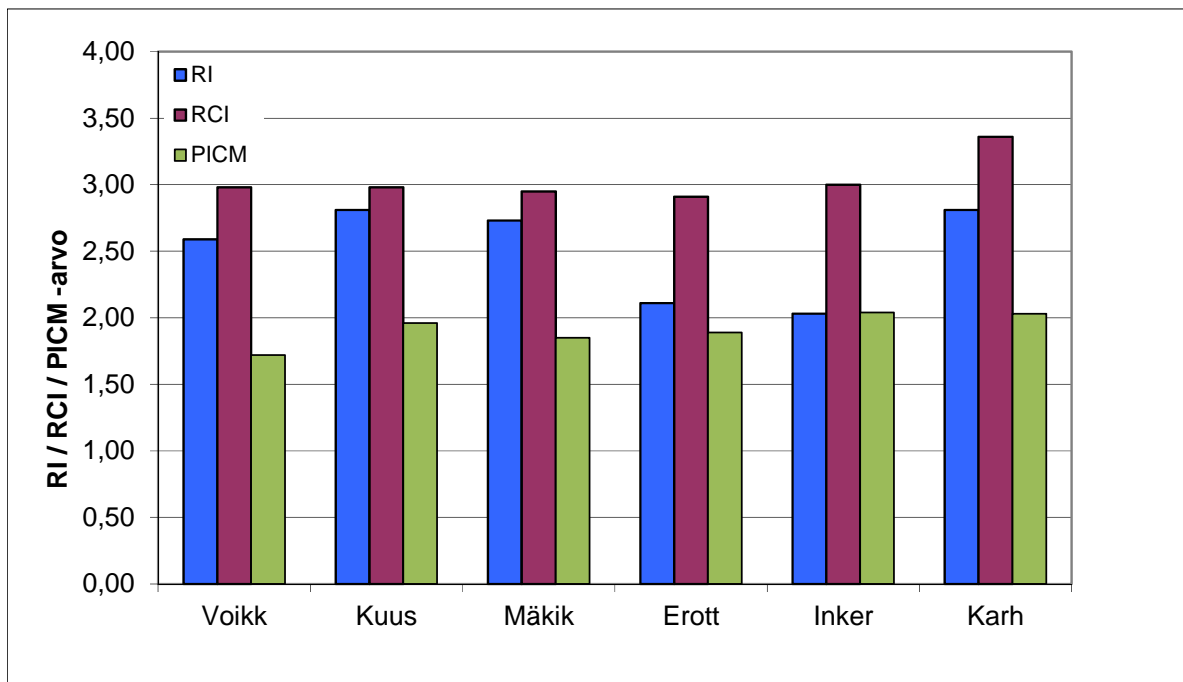
Kuva 6. Näytteenottoaikkojen välistä vaihtelua kuvaavassa NMS-ordinaatiossa 1. akseli erotteli näyteasemat niiden näyteympäristön järvisyyden – jokisuuden mukaan. 2 – akseli erotteli muista erilleen lähinnä Karhulan näyteaseman, joka oli näyteasemista matalin ja muita näyteasemia karkeapohjaisempi.

Verrattaessa Mantelin testillä vuoden 2014 pohjaeläinaineistoa vastaaviin tutkimuksiin vuosilta 2012 ($r = 0,0,2508$, $p=0,001^{**}$) ja 2010 ($r = 0,2327$, $p=0,001^{**}$) voitiin todeta eri tutkimusvuosien pohjaeläinaineistojen yhdenmukaisuus vain heikokkoksi. Edellistä voi selittää ainakin osittain se, että vuosi oli 2012 oli erityinen johtuen Kymijoen poikkeuksellisen suurista virtaamista. Vuosina 2010 ja 2014 Kymijoen virtaamaolot eivät poikennet toisistaan merkittävästi, mutta Kymijoen alaosalle kohdistuva jätevesikuormitus on vähentynyt ko. aikavälillä. Sekä PerManova että SumF –testien lajistolliset erot olivat erittäin merkitseviä sekä vuosien 2006 – 2014 että eri näyteasemien välillä, mutta niin oli myös niiden yhteisvaikutus. Molempien analyysien mukaan pohjaeläinyhteisöjen lajikoostumuksessa ja lajien runsauksissa on siis selviä vuosien ja näyteasemien välisiä vaihteluja. Vaihtelu oli kuitenkin asemakohtaista ja kullakin asemalla erilaista. SumF –testin mukaan sekä näyteasemien että vuosien välistä vaihtelua aikaan sai erityisesti laji *Stictochironomus sticticus*. Vuosien välisessä vaihtelussa merkittäviä lajeja olivat *Thienemannimyia* ja *Chironomus plumosus* kun taas asemien välisessä vaihtelussa korostuivat lajit *Paralauterborniella nigrohalteralis* ja *Arcteonais lomondi*.

4.3 BIOINDEKSIT JA POHJAN TILA

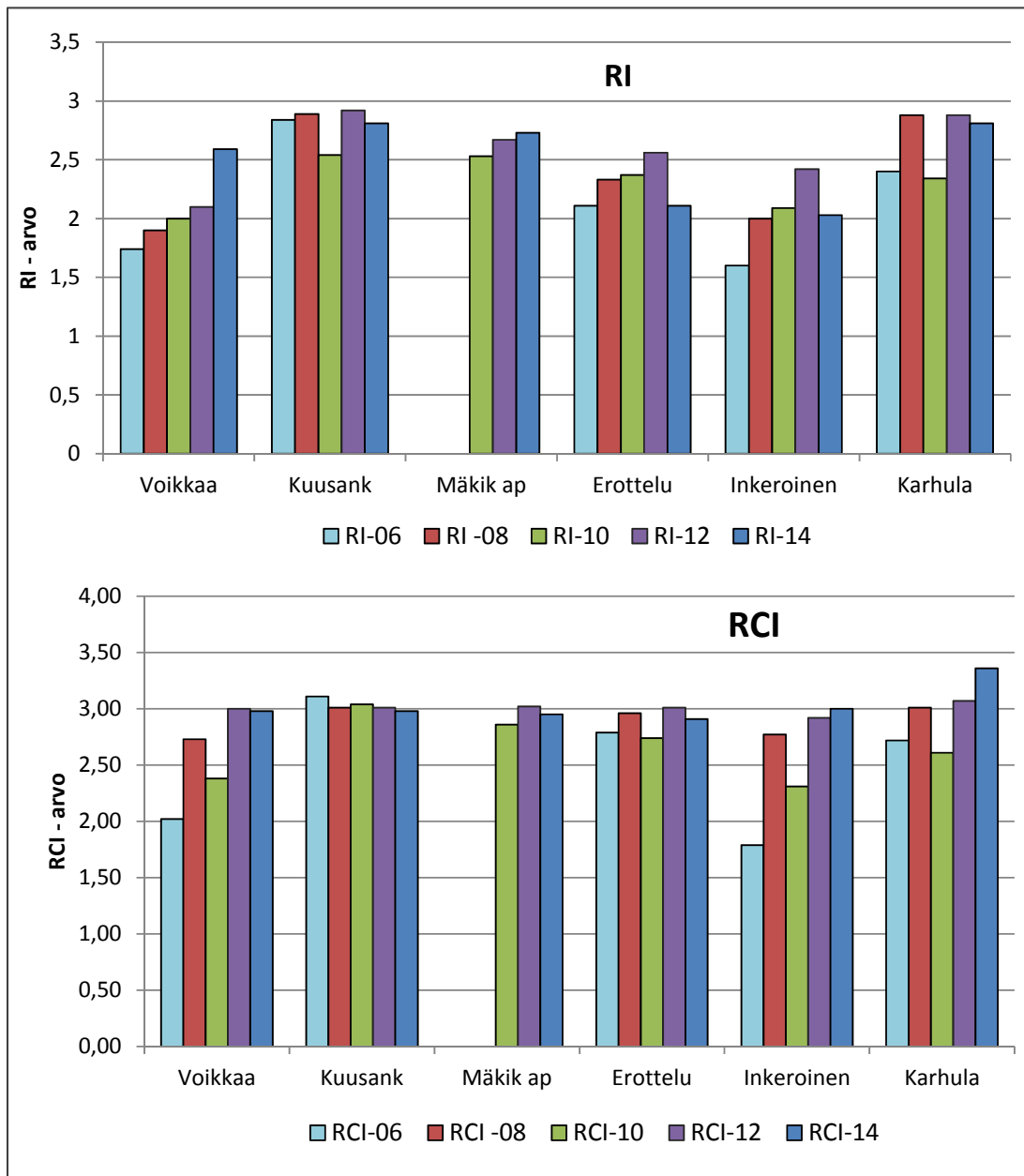
Jokinäyteasemille laskettiin River index (RI) ja River Chironomid Index (RCI) (Kuva 7, Liitteet 1 ja 3). Kaikki jokiasemat saivat korkeampia arvoja RCI:llä kuin RI:llä eli RI antoi alueista RCI:tä rehevemmän kuvan. RI:n laskemisessa huomioidaan myös harvasukasmadot. Kaikilla pehmeillä jokipohjilla oli suhteellisen runsaasti ekologiselta kertoimeltaan alhaisia harvasukasmatoindeksilajeja (*Potamothrix/Tubifex* ja *Limnodrilus*), joten ne laskivat RI:n arvoa. Sekä RI:n että RCI:n mukaan jokiasemat olivat pohjanlaadultaan lievästi karuja; ainoastaan Erottelu ja Inkeroinen olivat RI:n mukaan rehevän puolella ja Karhulan näyteasema RCI:n mukaan jopa karu. RCI:n laskemisessa huomioidaan vaan surviaissääski-indikaattorilajit. Kaikilla jokinäyteasemilla selkeästi runsaimmat RCI-indikaattorilajit olivat lievästi karua pohjaa ilmentävät lajit *Polypedilum pullum* ja *Stictochironomus sticticus*. Vastaavasti rehevän pohjan indikaattorilajia, *Chironomus* – toukkaa tavattiin vain muutamia yksilöitä Kuusankosken, Mäkikylän ja Erottelun näytteissä.

RI:n indeksin arvot olivat muita asemia pienempiä Erottelun ja Inkeroinen näyteasemilla. Inkeroinen on näyteasemista syvin ja samalla suvantomaisin (Koskenalusjärvi). Näytepaikan syvyys vaikuttaa osaltaan indeksituloksiin; suvantopaikkojen syvissä painanteissa pohjan tila on yleensä huonompi kuin suvantojen matalammilla alueilla, joissa vesi vaihtuu ja virtaa voimakkaammin ja samalla pohja puhdistuu paremmin. Suvantopaikkojen jokiasemille laskettiin myös PICM-indeksi (Profundal Invertebrate Community Metric), vaikka se on varsinaisesti tarkoitettu järvisyvänteille. Jokiasemien PICM arvot vaihtelivat välillä 1,72 – 2,04 (Kuva 5, Liite 3).



Kuva 7. Kaikilla jokinäyteasemilla pohjan laatu oli vuonna 2014 RI:n (River Indexin) mukaan rehevämpää kuin RCI:n (River Chironomid Index). Indeksien mukaan näyteasemien pohjat olivat lievästi karuja; ainoastaan Erottelu ja Inkeroinen olivat RI:n mukaan rehevällä puolella ja Karhula RCI:n mukaan jopa karu. Pehmeille jokipohjille laskettiin myös PICM-arvo (Profundal Invertebrate Community Metric), vaikka se on varsinaisesti tarkoitettu kuvaamaan järvisyvänteiden tilaa.

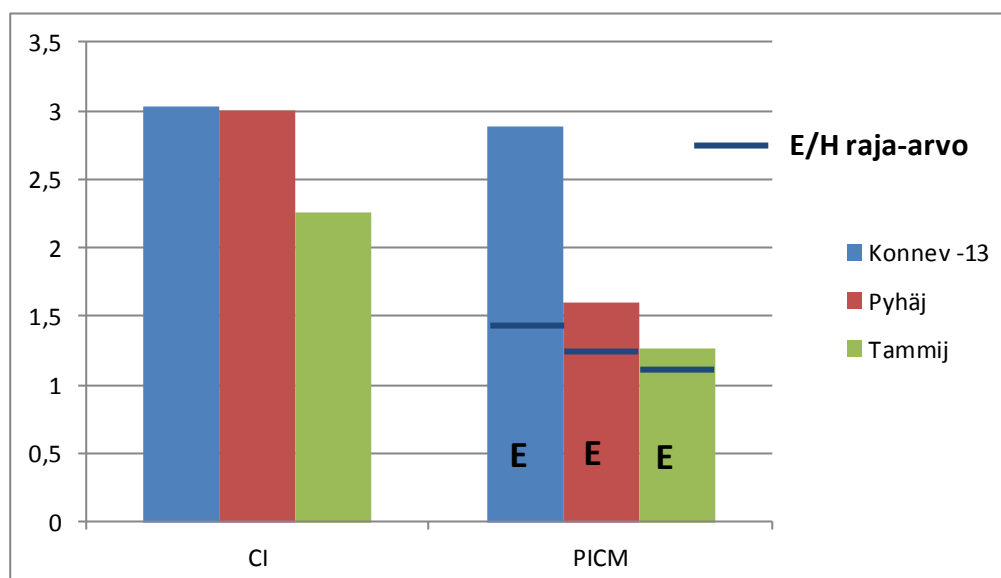
Jokinäyteasemien välinen vaihtelu indeksiarvoissa oli hyvin vähäistä eikä niissä näkynyt nykyinen kuormitustilanne. Näytteenottoaikaan Voikkaa oli ollut jätevesikuormituksesta vapaata jo yli 20 vuotta kun taas alemmille näyteasemille kohdistuu Kymijoen nykyinen jätevesikuormitus. Voikkaan indeksiarvot eivät kuitenkaan poikenneet Kymijoen alaosan vastaavista, mitä selittänee osaltaan hajakuormituksen merkityksen korostuminen samalla kun varsinainen jätevesikuormitus ja sen osuus Kymijoen kokonaiskuormituksesta on vähentynyt. Indeksien mukaan jokinäyteasemien pohjat ovat puhdistuneet ja karuuntuneet ajanjaksolla 2006 – 2014 erityisesti Voikkaan, Inkeroinen ja Karhulan näyteasemilla (Kuva 8) (Anttila-Huhtinen 2007, Anttila-Huhtinen 2010, Anttila-Huhtinen 2013, Anttila-Huhtinen 2014b). Muilla näyteasemilla pohjanlaadussa ei voitu erottaa indeksien mukaan selvää kehityssuuntaa. Mäkikylän näyteasemalta on tuloksia vasta vuodesta 2010 eteenpäin; pohjan tilan kehitys on indeksien mukaan tällä asemalla lievästi positiivinen (Kuva 8).



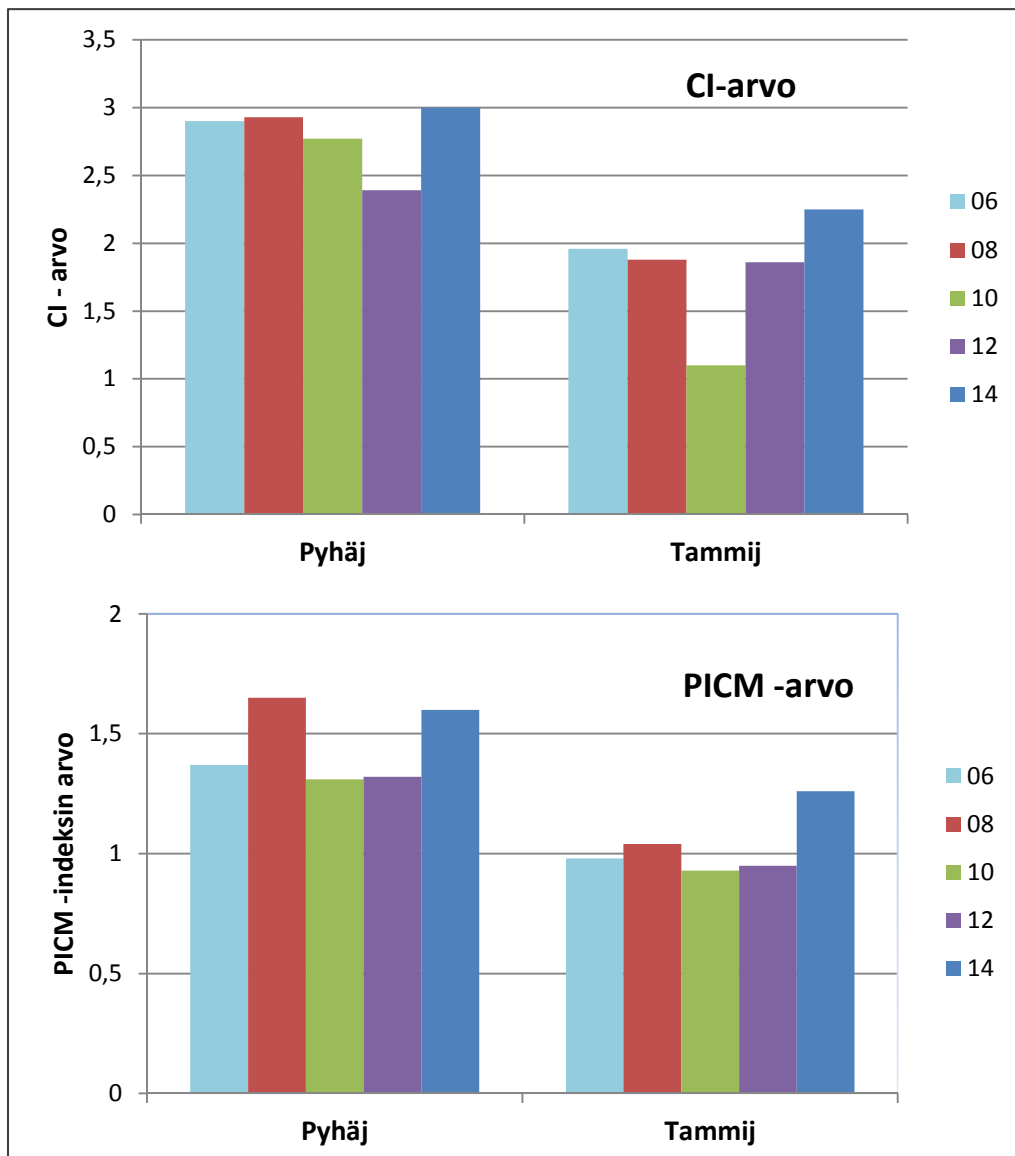
Kuva 8. RI ja RCI – arvot jokinäyteasemilla tutkimusvuosina 2006 – 2014. Erityisesti asemilla Voikkaa, Inkeroinen ja Karhula pohjat ovat indeksien mukaan puhdistuneet ko. ajanjaksolla.

Järvinäyteasemille laskettiin järvien profundaalialueille soveltuva Chironomidae-indeksi (Liite 1) ja uusi ekologisessa luokittelussa käytettävä PICM-indeksi (Aroviita ym. 2012). Samassa kuvassa (Kuva 9) on esitetty vastaavat indeksiarvot myös Konnivedelle, joka on Pyhäjärven yläpuolella sijaitseva Kymijoen järviallas. Konniveden indeksiarvot ovat neljän, syvyydeltään 10–16 metrin näyteaseman (asemat 23, 15B, 14 ja 21B) vuoden 2013 tulosten pohjalta laskettujen indeksien keskiarvoja (Anttila-Huhtinen 2014a). Molempien indeksien mukaan järviältaiden rehevyys lisääntyi selvästi siirryttäessä Kymijokea alaspäin ja samalla ekologinen tila heikkeni; selvemmin muutos tuli kuitenkin esiin PICM-indeksissä. Järviältailla laskettujen vertailuarvojen ja ekologisen tilan luokkarajojen mukaan Konniveden eteläosan ekologinen tila oli pohjaelämistön perusteella erinomainen, mutta nyt myös Pyhäjärven ja

jopa Tammijärven tila oli niukasti erinomaisen puolella. Konnivedellä yleisimmät PICM – indikaattorilajit olivat *Stictochironomus rosenschoeldi* ja *Spirosperma ferox*, Pyhäjärvellä *Polypedilum pullum* ja *Cladopelma viridulum* ja Tammijärvellä rehevyyttä kuvaavat lajit *Limnodrilus* ja *Cladopelma viridulum* sekä *Arcteonais lomondi*. Sekä PICM – että CI –arvojen mukaan vuoden 2014 tulokset ilmensivät pohjan tilan suotuisaa kehitystä sekä Pyhäjärvessä että Tammijärvessä verrattuna aikaisempiin vastaaviin tutkimuksiin (Kuva 10).

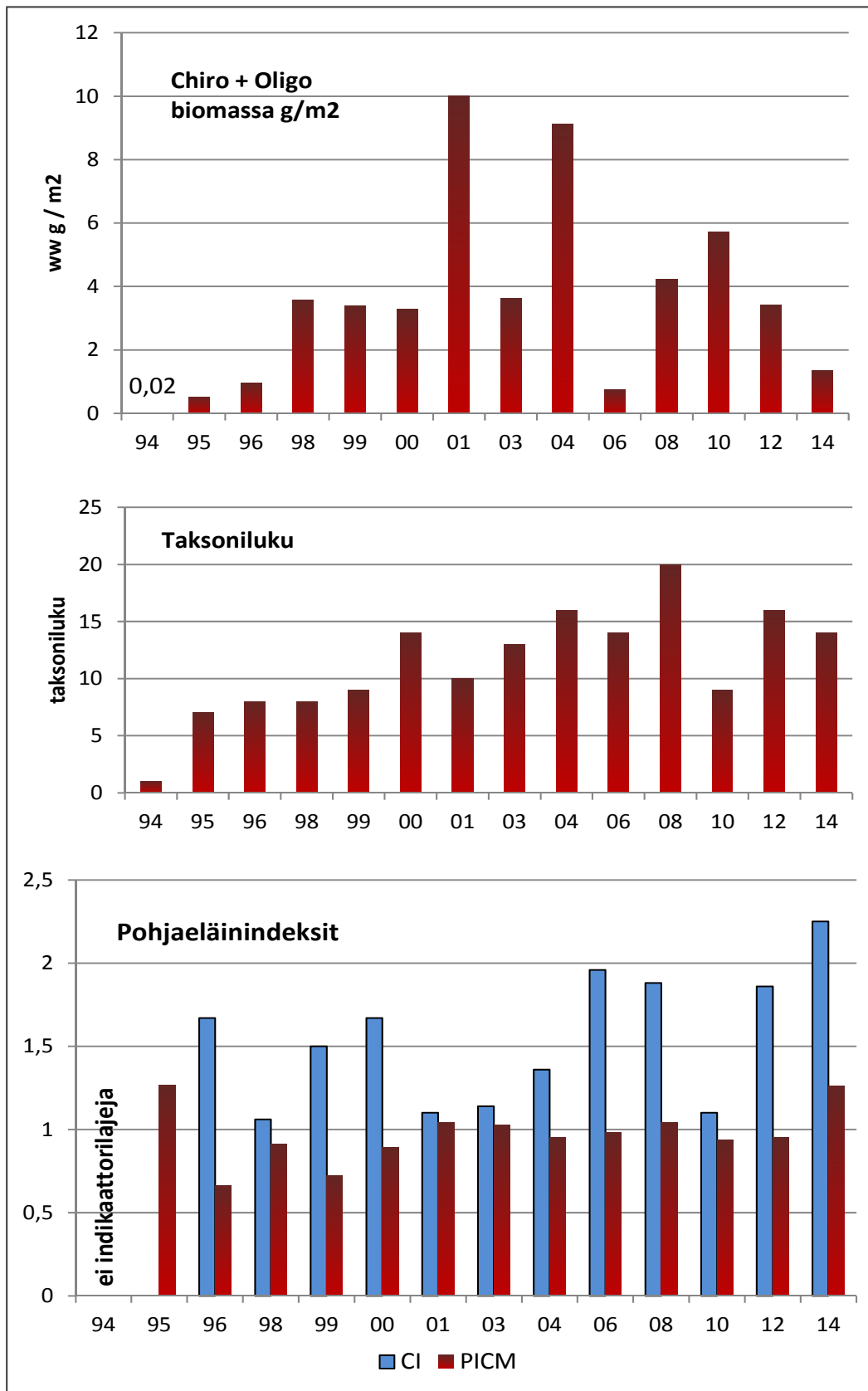


Kuva 9. Kymijoen järviältaiden CI – ja PICM –bioindeksi-arvot vuonna 2014 sekä PICM-arvon mukainen ekologinen tilaluokka. CI-bioindeksin mukaan Kymijoen järviältaiden rehevyys lisääntyi vuonna 2012 selvästi siirryttäessä jokea alaspäin. Myös PICM-arvojen mukaan ekologinen tila laski jokea alaspäin siirryttäessä, mutta raja-arvojen mukaan ekologinen tila oli vielä Tammijärvessäkin erinomaisen puolella (E/H = erinomainen/hyvä raja-arvo). Konniveden aineistona on käytetty vuoden 2013 tuloksia.



Kuva 10. Bioindeksien CI ja PICM kehitys Pyhä- ja Tammijärvessä vuosina 2006 – 2014. Molempien indeksien arvot ilmensivät pohjan tilan kehitystä parempaan suuntaan verrattuna edeltäviin vuosiin.

Tammijärven osalta voidaan tarkastella pohjan tilan muutosta pidemmälläkin aikavälillä (Kuva 11), koska ko. näyteasema on pysynyt pitkään samana. Pohjan tila ja samalla järven ekologinen tila on kohentunut vuodesta 1994, jolloin koko näytteessä oli yhteensä vain 2 *Procladius* -toukkaa. Sen jälkeen lajimäärä on kasvanut, ja pohjaeläinyhteisö kehittynyt monimuotoisemmaksi. Vielä 2000 -luvun alussa pohjaeläinten biomassassa oli ravinteikkaalla tasolla, mutta vuonna 2014 biomassassa ilmensi jo jokseenkin niukkaravinteisella tasolla. Bioindeksien mukaan Tammijärven pohjien tila oli vuonna 2014 parempi kuin koskaan edeltävissä tutkimuksissa (Kuva 11).



Kuva 11. Kymijoen Tammijärven pohjaeläintuloksia vuosilta 1994-2014: surviaissääskien ja harvasukasmatojen yhteisbiomassa (g/m²), taksoniluku sekä bioindeksit CI ja PICM. Biomassan perusteella Tammijärvi on tätä nykyä jokseenkin niukkaravinteinen, kun 2000-luvun alkupuolella se oli vielä ravinteikas. Indeksien mukaan pohjan tila oli vuonna 2014 parempi kuin koskaan aiempina tutkimusvuosina.

4.4 CHIRONOMUS-TOUKKIEN EPÄMUODOSTUMAT

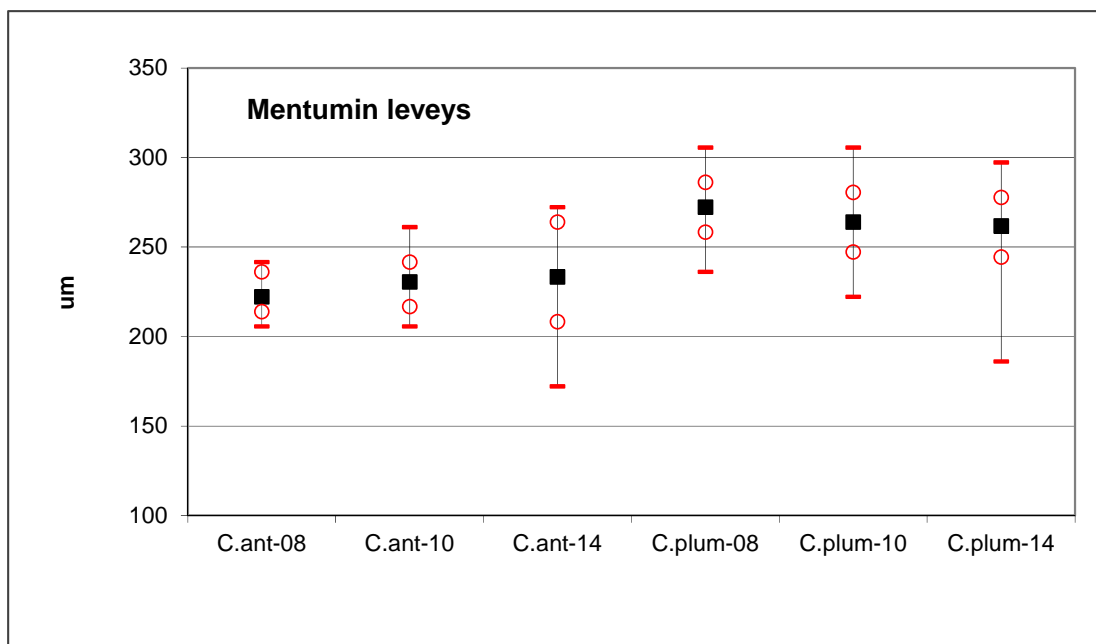
Pohjasedimentin toksisuutta arvioitiin *Chironomus*-surviaissääsken toukkien suosien epämuodostumien esiintymisfrekvenssin perusteella. Pyrkimyksenä oli saada kultakin näyteasemalta noin 100 *Chironomus*-toukkaa, mutta kovasta näytteenotto-ponnistuksesta huolimatta Voikkaan, Inkeröisten ja Karhulan näyteasemalla toukkamäärät jäivät ihan liian alhaiseksi (Taulukko 6). Pyhäjärven *Chironomus*-toukat olivat pääasiassa *C. anthracinus* -tyyppiä ja muilla asemilla pääasiassa *C. plumosus* -tyyppiä (Lenz 1954, Lindeberg & Wiederholm 1979 mukaan) (Taulukko 6). Toukista mitattu mentumin leveys ilmensi niiden kehitystasetta. Vuonna 2014 aineistossa oli mukana muutamia pienempiä toukka-asteita, mutta suurin osa aineiston toukista oli 4. toukka-astetta kuten myös aiemmissa tutkimuksissa (Kuva 12).

Taulukko 6. Näyteasemilla esiintyneet Chironomus-toukkatyytit ja määrät sekä havaitut normaalit ja epämuodostuneet mentumit. Epämuodostumien esiintymisfrekvenssi (DI %) laskettiin vain näytealueille, joilla toukkia oli vähintään 50. Binomitestin mukaan merkitsevästi luontaisesta taustatasosta (5 %) erosivat vain Kuusankosken ja Mäkikylän aineistot.

Asema	Tyytit		Yht. yks	Mentum		DI %	p-arvo
	<i>C. anthracinus</i>	<i>C. plumosus</i> -t.		Norm	Epäm		
Pyhäjärvi (as 0)	40	11	51	51	0	0	0,073
Voikkaa (as 1)		10	10	5	5		
K-koski (as 2)		62	62	50	12	19	<0,001
Mäkylä, alap	11	80	91	65	26	29	<0,001
Erottelu (as 9A)	5	55	60	56	4	6,7	0,353
Inkeröinen (as 11)		2	2	2	0		
Karhula (as 13)		1	1	0	1		
Tammijärvi (as 23)		129	129	121	8	6,2	0,318

Epämuodostumien esiintymisfrekvenssi (DI %) laskettiin vain niille näytealueille, joilla toukkien kokonaismäärä ylitti luvun 50. Suhteellisen puhtailta ja luonnontilaisilta suomalaisilta järviltä kerätyn aineiston perusteella epämuodostumien esiintymisfrekvenssin on todettu luontaisesti olevan noin 5 % (Kiiski ym. 2007). Tämän tutkimuksen alhaisin epämuodostumien esiintymisfrekvenssi todettiin edellisvuosien tapaan Pyhäjärvellä eli tutkimuksen vertailualueella, jossa ei tällä kertaa esiintynyt lainkaan epämuodostumia (Taulukko 6). Saatu tulos ei poikennut merkitsevästi edellä esitetystä normaalista taustatasosta ($p=0,073$). Myöskään Erottelen ja Tammijärven tulokset eivät poikenneet merkitsevästi taustatasosta. Toukkien epämuodostumafrekvenssi oli suurin Mäkikylässä ja Kuusankoskella, ja näillä asemilla tulokset poikkesivat erittäin merkitsevästi luontaisesta taustatasosta (Taulukko 6).

Vuosien 2008 ja 2010 yhdistettyyn aineistoon verrattuna epämuodostumien esiintyminen on vähentynyt Erottelussa ja Tammijärvellä, mutta yleistynyt Kuusankoskella ja Mäkikylässä (Taulukko 7, Kuva 13).

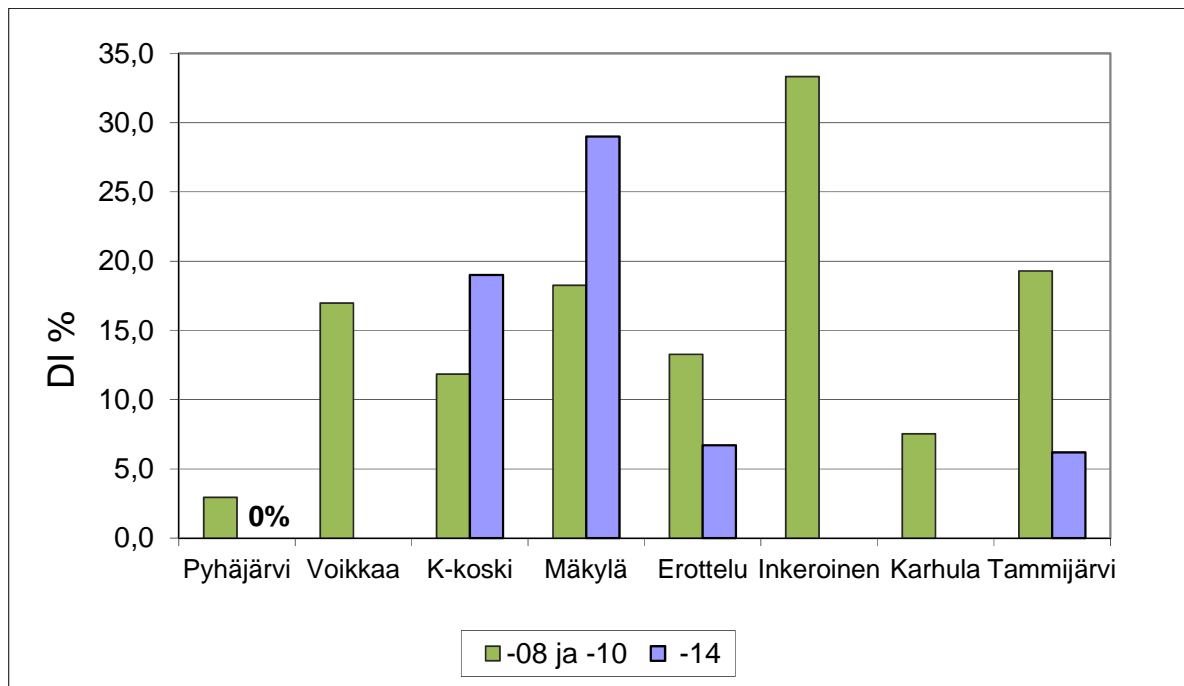


Kuva 12. Epämuodostumatarkastelussa mukana olevan *Chironomus* -aineiston jakautuminen kokoa kuvaavan mittausparametrin (mentumin leveys μm) mukaan vuosina 2008, 2010 ja 2014. *C. anthracinus*-t oli päälaji Pyhäjärvässä (2008 $n=124$, 2010 $n=114$, 2014 $n=56$) kun taas muilla näyteasemilla runsain laji oli *C. plumosus*-t. (2008 $n=324$, 2010 $n=681$, 2014 $n=349$). Kuvassa on esitetty aineiston mediaani, ylä- ja aladesiilit sekä maksimi- ja minimiarvot. 80 % aineistosta sijoittuu punaisten pallukoiden väliin.

Yleisin mentumin epämuodostumien ilmenemismuoto oli lateraalihampaiden puutokset ja seuraavaksi yleisimpiä olivat usean epämuodostuman yhdistelmät (Taulukko 8). Epämuodostumat olivat huomattavasti yleisempiä sisemmissä lateraalihampaissa kuin uloimmissa lateraalihampaissa.

Taulukko 7. Vuosien 2008, 2010 ja 2014 *Chironomus* -epämuodostuma-aineistot ja epämuodostumien esiintymisfrekvenssi (DI %) vuosina 2008, 2010 ja vuosien 2008 ja 2010 yhdistetyn aineiston mukaan sekä vuonna 2014.

Asema	Vuonna 2008 yksilöitä		Vuonna 2010 yksilöitä		Vuonna 2014 yksilöitä		DI %			
	yht.	epämuod.	yht.	epämuod.	yht.	epämuod.	-08	-10	-08 ja -10	-14
Pyhäjärvi	123	4	115	3	51	0	3,3	2,6	2,9	0
Voikkaa	33	9	73	9	10	5	27,3	12,3	17,0	
K-koski	3	1	208	24	62	12		11,5	11,8	19
Mäkylä			104	19	91	26		18,3	18,3	29
Erottelu	57	10	41	3	60	4	17,5	7,3	13,3	6,7
Inkeroinen	66	18	42	18	2	0	27,3	42,9	33,3	
Karhula	79	7	107	7	1	1	8,9	6,5	7,5	
Tammijärvi	82	6	141	37	129	8	7,3	26,2	19,3	6,2



Kuva 13. Epämuodostumien esiintymisfrekvenssi (DI %) näyteasemilla vuosien 2008 ja 2010 yhdistetyn aineiston ja vuoden 2014 aineiston mukaan. Voikkaan, Inkeroinen ja Karhulan näyteasemille ei voitu laskea vuodelle 2014 DI:tä toukkien vähäisen määrän vuoksi. Kuusankoskella ja Mäkikylässä epämuodostumien esiintyminen oli vuonna 2014 runsaampaa kuin vuosien 2008 ja 2010 yhdistetyn aineiston mukaan, kun taas asemilla Erottelu ja Tammijärvi epämuodostumia esiintyi vähemmän.

Taulukko 8. Erilaisten mentum -epämuodostumien esiintymisrunsaus näyteasemittain.

Epämuodostumatyyppi	Pyhäj	Voikkaa	K-koski	M-kylä	Erott	Inker	Karhula	T-järvi	Yhteensä
Keskihampaat epämuodostuneet		1	2	2				1	6
Keskihampaita puuttuu		1	2	4	1				8
Ylimääräisiä keskihampaita				1					1
Lateraalihampaat epämuodostuneet				1					1
Lateraalihampaita puuttuu		2	4	6	1			4	17
Ylimääräisiä lateraalihampaita				2				1	3
Gap				3			1	1	5
Useita epämuodostumia		1	4	7	2			1	15
Yhteensä	0	5	12	26	4	0	1	8	56

Useissa tutkimuksissa on todettu, että Kymijoen sedimentit ovat saastuneet mm. klooratuilla dioksiini- ja furaaniyhdisteillä, difenyyliettereillä sekä elohopealla (Verta ym. 1999). Vierasaineet ovat peräisin Kuusaansaarella sijainneen puunsuoja-ainetta (Ky 5) tuottaneen kemikaalitehtaan valmistusprosessista, puunjalostusteollisuudesta sekä kloorin valmistuksesta. Myös yhdyskuntapuhdistamoilta jokeen kulkeutuu useita eri tyyppisiä vierasaineita. Saatujen tulosten valossa näyttää siltä, että vaikka Kymijoen suvantomaisetkin alueet ovat jo puhdistuneet niin, että vallitsevat surviaissääskilajit ilmentävät jopa lievästi karua pohjanlaatua, niin sedimenteissä on edelleen biologisesti haitallisia aineita, mikä näkyy mm. pohjaeläinten morfologisina muutoksina.

Kiisken ym. (2007) Kymijoki-tutkimuksessa todettiin *Chironomus* – epämuodostumafrekvenssin laskevan selvästi, kun etäisyys Kuusaansaaren tehtaisiin kasvoi. Vuosien 1996–2001 aineistoihin perustuvassa tutkimuksessa Kuusaansaaren alapuolinen epämuodostumafrekvenssi oli niinkin korkea kuin 54 % ja nyt vastaava frekvenssi oli 19 %. Vuosien 1996–2001 aineiston mukaan frekvenssit pysyivät suhteellisen korkeina aina Inkeröiden Koskenalusjärvelle asti (30 %), josta ei saatu vuonna 2014 riittävää aineistoa. Tuloksia tarkasteltaessa täytyy muistaa, että tutkitut, joen suvantomaiset pehmeät pohjat edustavat joen heikointa pohjanlaatua ja kuormituksen vähentyessä näiden alueiden puhdistuminen on muuta jokialuetta hitaampaa.

5 TARKKAILUN JATKAMINEN

Voimassa olevan ohjelman mukaan Kymijoen alaosan pohjaeläintutkimus on seuraavan kerran ohjelmassa syksyllä 2016. Kaakkois-Suomen ELY-keskus hyväksyi vuonna 2012 muutosesityksen (KASELY/545/07.00/2010, 10.9.2012), jonka mukaan *Chironomus* – epämuodostumatarkastelun toteuttamista harvennettiin niin, että vuonna 2012 tarkastelua ei toteutettu, mutta tässä vuoden 2014 tutkimuksessa se toteutettiin. Tutkimus on osoittautunut yllättävän työlääksi, koska *Chironomus* –toukkia täytyy pyrkiä keräämään kultakin näyteasemalta riittävä määrä. Vuoden 2014 ja sitä edeltävien tulosten perusteella arvioidaan osatutkimuksen toteuttamisaikataulua tulevien vuosien osalta.

Tarkkailun jatkamisen kehittämislistalla ovat edelleen seuraavat asiat:

- Jos esim. 5-6 nostoa / näytealue katsottaisiin riittäväksi rinnakkaisnostomääräksi, niin vapautuneita resursseja voitaisiin kohdistaan pisteverkoston laajentamiseen.
- Näytteenoton mahdollinen laajentaminen koskialueille

6 YHTEENVETO

Tässä julkaisussa on käsitelty Kymijoen alaosan yhteistarkkailun rehevöitymis seurantaan kuuluvan pehmeiden pohjien pohjaeläintutkimuksen tulokset syksyltä 2014. Pohjaeläinnäytteet otettiin kuudesta suvantomaisesta paikasta joessa ja näiden yläpuolisesta Pyhäjärvestä sekä alapuolisesta Tammijärven järvioltaasta. Näytteenotossa kiinnitettiin erityistä huomiota näyteasemien sisäiseen ja näyteasemien väliseen vertailtavuuteen ja kaikki näytteet otettiin pehmeiltä liejupohjilta. Kultakin näyteasemalta otettiin 8 rinnakkaisnostoa Ekman-pohjaeläinnoutimella. Näyteasemien syvyys oli useimmilla asemilla noin 10 metriä, mutta Karhulan näyteasemalla syvyyttä oli reilut 3 m ja Kuusankoskella noin 6 m. Tutkimusalueista Pyhäjärvi ja ylin jokiasema Voikkaa ovat Kymijoen alaosan nykyisen kuormituksen yläpuolella. Karhulan näyteasemaa lukuun ottamatta kaikilla jokinäyteasemilla todettiin pohjasedimentissä esiintyvän myös kuitua enemmän tai vähemmän; eniten kuitua oli Inkeröiden Koskenalusjärvessä.

Aineistosta määritettiin kaikkiaan 51 taksonia. Havaitut lajimäärät vaihtelivat jokiasemilla välillä 13 – 30 ja järviasemilla välillä 8 – 14. Pohjaeläinten kokonaistiheys oli järvialtaissa 700 – 1 100 ja jokipaikoilla 1 200 – 5 000 yks/m². Vastaavasti kokonaisbiomassa oli 0,6 – 10,6 g/m² (WW). Tärkeimmät pohjaeläinryhmät olivat surviaissääsket ja harvasukasmadot, joiden osuus oli yksilömäärästä 73 – 95 %. Sekä yksilömäärä että biomassa olivat pienimmät yläpuolisessa Pyhäjärvässä ja vastaavasti suurimmat Mäkikylässä.

Jokinäyteasemien tyypillisin ja yleisin laji oli lievästi karun pohjan surviaissääskilaji *Stictochironomus sticticus*. Jokinäyteasemien pohjanlaatua tarkasteltiin indikaattorilajeihin perustuvien bioindeksien avulla. RI:n (River Index) laskemisessa huomioidaan surviaissääskien lisäksi myös harvasukasmadot, kun taas RCI (River Chironomid Index) perustuu pelkästään surviaissääski-indikaattoreihin. Kaikilla pehmeillä jokipohjilla oli runsaasti ekologiselta kertoimeltaan alhaisia harvasukasmatoindeksilajeja (*Potamothrix/Tubifex* ja *Limnodrilus hoffmeisteri*), joten RI:n antama kuva Kymijoen pohjanlaadusta oli rehevämpi kuin RCI:n. Molempien indeksien mukaan jokiasemat olivat pohjanlaadultaan lievästi karuja; ainoastaan Erottelu ja Inkeroinen olivat RI:n mukaan rehevän puolella. Kaikilla jokinäyteasemilla selkeästi runsaimmat surviaissääski-indikaattorilajit olivat lievästi karua pohjaa ilmentävät lajit *Polypedilum pullum* ja *Stictochironomus sticticus*.

Jokinäyteasemien välinen vaihtelu indeksiarvoissa oli vähäistä eikä niissä näkynyt nykyinen kuormitustilanne. Näytteenottoaikaan Voikkaa oli ollut jätevesikuormituksesta vapaata jo yli 20 vuotta, mutta indeksien mukaan pohjan laatu oli Voikkaalla samaa tasoa kuin alemmilla jokiosuudella. Tätä selittää hajakuormituksen merkityksen korostuminen samalla kun varsinaisen jätevesikuormitus ja sen osuus Kymijoen kokonaiskuormituksesta on vähentynyt. Oma vaikutuksensa on myös sillä, että valitut näytealueet ovat joen suvantomaisia painanteita, jotka edustavat joen heikointa ja hitaimmin puhdistuvaa pohjanlaatua. Indeksien mukaan Kymijoen pohja on puhdistunut ja karuuntunut ajanjaksolla 2006 – 2012 erityisesti Voikkaan, Inkeroinen ja Karhulan näyteasemilla.

Järvialtaissa tuli jokiasemia selvemmin näkyviin rehevyyden voimistuminen ja ekologisen tilan heikkeneminen siirryttäessä Kymijokea alaspäin. Järvialtaille laskettiin CI (Chironomidae –indeksi) ja ekologiseen luokitteluun kehitetty PICM –indeksi, ja tarkasteluun otettiin mukaan myös Kymijoen yläosalla olevan Konniveden alaosa. Konnivedellä yleisimmät PICM –indikaattorilajit olivat *Stictochironomus rosenschoeldi* ja *Spirosperma ferox*, Pyhäjärvellä *Polypedilum pullum* ja *Cladopelma viridulum* ja Tammijärvellä rehevyyttä kuvaavat lajit *Limnodrilus* ja *Cladopelma viridulum* sekä *Arcteonais lomondi*. Indeksien mukaan vuoden 2014 tulokset ilmensivät pohjan tilan parantuneen sekä Pyhäjärvässä että Tammijärvässä verrattuna aikaisempiin tutkimuksiin vuosilta 2006 – 2012.

Testattaessa vuoden 2014 aineiston pohjalta pohjaeläinyhteisöjen välistä vaihtelua osoittautui hallitsevaksi tekijäksi edellisten vuosien tapaan näyteympäristö eli näytealueen

jokimaisuus - järvisyys. Eri tutkimusvuosina (2006, 2008, 2010, 2012, 2014) saatuja aineistoja testattaessa todettiin sekä pohjaeläinyhteisöjen lajikoostumuksessa että lajien runsauksissa selviä vuosien ja näyteasemien välisiä vaihteluja. Vaihtelu oli asemakohtaista ja kullakin asemalla erilaista.

Kymijoen alaosan pohjasedimenttien toksisuutta arvioitiin *Chironomus* –toukkien (Diptera, Chironomidae) hampaiden epämuodostumavasteen perusteella. Suhteellisen puhtailta ja luonnontilaisilta suomalaisilta järviltä kerätyn aineiston perusteella epämuodostumien esiintymisfrekvenssin on todettu olevan luontaisesti noin 5 %. Voikkaan, Inkeröisten ja Karhulan näyteasemilta ei saatu kerättyä tarpeeksi *Chironomus* –toukkia. Alhaisin epämuodostumien esiintymisfrekvenssi todettiin edellisvuosien tapaan Pyhäjärvellä eli tutkimuksen vertailualueella, jossa ei tällä kertaa havaittu lainkaan epämuodostumia. Epämuodostumia oli eniten Mäkikylässä (29 %) ja Kuusankoskella (19 %); näillä asemilla tulokset poikkesivat erittäin merkittävästi luontaisesta taustatasosta ja epämuodostumien esiintymisfrekvenssit olivat nyt suurempia kuin edellisessä tutkimuksessa vuonna 2010. Erottelussa ja Tammijärvellä tulokset eivät poikennet merkittävästi normaalista taustatasosta.

Saatujen tulosten mukaan Kymijoen suvantomaisetkin alueet ovat puhdistuneet niin, että niiden pohjaeläinyhteisöissä esiintyy runsaasti lievästi karun pohjan surviaissääskilajistoa. Sedimenteissä on edelleen biologisesti haitallisia aineita, mikä tulee esiin mm. pohjaeläinten morfologisina muutoksina. Epämuodostumien esiintyminen on kuitenkin vähentynyt pitkällä aikavälillä; vuonna 1998 Kuusankosken alapuolella oli noin puolet *Chironomus* –toukista epämuodostuneita kun nyt epämuodostuneista oli enimmillään 20 – 30 %.

VIITTEET

- Anttila-Huhtinen, M. 2007. Kymijoen alaosan pohjaeläintarkkailu vuonna 2006. Pehmeiden pohjien pohjaeläintutkimus ja yhteenveto vuoden 2006 tuloksista. Kymijoen vesi ja ympäristö ry:n julkaisu no 161/2007.
- Anttila-Huhtinen, M. 2010. Kymijoen alaosan pohjaeläintarkkailu (pehmeät pohjat) vuonna 2008. Kymijoen vesi ja ympäristö ry:n julkaisu no 204/2010.
- Anttila-Huhtinen, M. 2013. Kymijoen alaosan pohjaeläintarkkailu (pehmeät pohjat) vuonna 2010. Kymijoen vesi ja ympäristö ry:n julkaisu no 225/2013.
- Anttila-Huhtinen, M. 2014a. Konniveden (14.131) syvännealueiden pohjaeläintutkimus vuonna 2013. Kymijoen vesi ja ympäristö ry:n julkaisu no 235/2014.
- Anttila-Huhtinen, M. 2014b. Kymijoen alaosan pohjaeläintarkkailu (pehmeät pohjat) vuonna 2012. Kymijoen vesi ja ympäristö ry:n julkaisu no 242/2014.

- Aroviita, J., Hellsten, S., Jyväsjärvi, J., Järvenpää, L., Järvinen, M., Karjalainen, S.M., Kauppila, P., Keto, A., Kuoppala, M., Manni, K., Mannio, J., Mitikka, S., Olin, M., Perus, J., Pilke, A., Rask, M., Riihimäki, J., Ruuskanen, A., Siimes, K., Sutela, T., Vehanen, T. & Vuori, K.-M. 2012. Ohje pintavesien ekologisen ja kemiallisen tilan luokitteluun vuosille 2012-2013 – päivitetty arviointiperusteet ja niiden soveltaminen. Ympäristöhallinnon ohjeita 7/2012.
- Frouz, J., Ali, A. & Lobinske, R. 2002. Suitability of morphological parameters for determination of pestiferous midges *Chironomus crassicaudatus* and *Glyptotendipes paripes* (Diptera: Chironomidae) under laboratory conditions.
- Haikonen, A., Paasivirta, L. & Vatanen, S. 2007. Vantaanjoen yhteistarkkailu – kalasto ja pohjaeläimet vuonna 2006. Kala- ja vesitutkimus Oy:n kala- ja vesiraportteja nro 1.
- Häkkinen, H. & Anttila-Huhtinen, M. 2009. Surviaissääsket itäisen Suomenlahden suoja-alueiden biomarkkereina. Surviaissääskien epämuodostumatutkimus. – Kymijoen vesi ja ympäristö ry:n tutkimusraportti no 115/2009.
- Hämäläinen, H. 1999. Critical appraisal of the indexes of Chironomid larval deformities and their use in bioindication. *Ann.Zool.Fennici* 36:179-186.
- Johnson, R. K. & Pejler, B. 1987. Life histories and coexistence of the two profundal *Chironomus* species in lake Erken, Sweden.
- Jyväsjärvi, J. & Hämäläinen, H. 2011. Syvänpohjaeläinyhteisöt järvien ekologisen tilan arvioinnissa – luokittelumenetelmien parantaminen ja vertailuolujen tarkentaminen. Raportti, Jyväskylän yliopisto.
- Kantola, L., Koskenniemi, E., Paavola, R. & Heikkinen, M. 2001. Ohjeita järvien ja jokien pohjaeläinseurannan näytteenottoon ja raportointiin. Ympäristöopas 87, Pohjois-Pohjanmaan ympäristökeskus.
- Kiiski, A., Hämäläinen, H., Honkanen, J.O., Nyblom, J. & Kukkonen, J.V.K. 2007. Incidence of morphological deformities in chironomid (*Chironomus* spp.) larvae along contaminated river sediments. – käsikirjoitus.
- Kymijoen vesi ja ympäristö ry 2011. Kymijoen alaosan ja merialueen Pyhtää – Kotka – Hamina tila vuosina 2000-2009. Kymijoen vesi ja ympäristö ry:n julkaisu no 208/2011, 102 s.
- Lenz, F. 1954. Tendipedidae (Chironomidae). Subfamilie Tendipedinae (Chironominae). B. Die Metamorphose der Tendipedinae, pp. 139-161. *In: Lidner, E. (ed), Die Fliegen der palaearktischen Region 13c (176)*. Alkuperäisteokseen viitattu artikkelissa Lindeberg, B. & Wiederhol, T. 1979. Notes on the taxonomy of European species of *Chironomus* (Diptera: Chironomidae). – *Ent.Scand.Suppl.* 10:99-116. Lund, Sweden.
- Meissner, K. 2012. Pohjaeläinten määrittämisjärjestelmän käyttö, 25.4.2012. Ympäristöhallinnon www-sivut. www.ymparisto.fi >Vesi >Pintavesien tila > Pintavesien tilan seuranta >Biologisten seurantamenetelmien ohjeet.
- Meissner, K., Aroviita, J., Hellsten, S., Järvinen, M., Karjalainen, S.M., Kuoppala, M., Mykrä, H. & Vuori, K.-M. 2013. Jokien ja järvien biologinen seuranta – näytteenotosta tiedon allentamiseen. Biologisten seurantamenetelmien ohjeet, versio 13.11.2013, Ympäristöhallinnon www-sivut.
- Meregalli, G. 2001. Mouthpart Deformities in *Chironomus riparius*: a bioindication of sediment toxicity. PhD thesis University Leuven, Belgium.
- Mäkelä, A., Antikainen, S., Mäkinen, I., Kivinen, J. & Leppänen, T. 1992. Vesitutkimusten näytteenottomenetelmät. – Vesi- ja ympäristöhallinnon julkaisu sarja B 10.

- Paasivirta, L. 1984. Pohjaeläimistön käyttö vesistöjen tilan arvioinnissa. Luonnon tutkija 88:79-84.
- Paasivirta, L. 1997. Paasivirta, L. 1997. Uusia pohjaeläinindeksejä järvien, jokien ja Itämeren biomonitorointiin. Vesistöjen velvoitetarkkailu-koulutustilaisuus 28.-29.10.1997, Suomen ympäristökeskus, Helsinki, moniste.
- Paasivirta, L. 2000. *Prosilocerus* species in Finland, with a chironomid index for lake sediments. In: Hoffrichter, O. (ed.). Late 20th Century on Chironomidae: an Anthology from the 13th International Symposium on Chironomidae, pp. 599-603.
- Rassi, P., Hyvärinen, E., Juslen, A. & Mannerkoski, I. (toim.) 2010. Punainen kirja. Suomen lajien uhanalaisuus 2010. Ympäristöministeriö, Suomen ympäristökeskus, Helsinki 2010.
- Raunio, J. 2015. Kymijoen alaosan pohjaeläintarkkailu vuonna 2014 – surviaissääskien kotelonahkamenetelmän tulokset. Kymijoen vesi ja ympäristö ry:n julkaisu no 252/2015.
- SFS 5076 1989. Vesitutkimukset. Pohjaeläinnäytteenotto Ekman-noutimella pehmeiltä pohjilta. – Suomen standarsoimisliitto SFS.
- Vermeulen, A. C. 1998. Head capsule deformation in *Chironomus riparius* larvae (Diptera): causality, ontogenesis and its application in biomonitoring. – PhD thesis University Leuven, Belgium.
- Vermeulen, A. C., Liberloo, G., Ollevier, F. & Goddeeris, B. 2000. Ontogenesis, transfer and repair of mouthpart deformities during moulting in *Chironomus riparius* (Diptera: Chironomidae). – Archiv für Hydrobiologie 147:401-415.
- Verta, M., Ahtiainen, J., Hämäläinen, H., Jussila, H., Järvinen, O., Kiviranta, H., Korhonen, M., Kukkonen, J., Lehtoranta, J., Lyytikäinen, M., Malve, O., Mikkelsen, P., Moisio, V., Niemi, A., Paasivirta, J., Palm, H., Porvari, P., Rantalainen, A.-L., Salo, S., Vartiainen, T. & Vuori, K.-M. 1999. Organoklooriyhdisteet ja raskasmetallit Kymijoen sedimentissä: esiintyminen, kulkeutuminen, vaikutukset ja terveystriskit. – Suomen ympäristö 334, 72 s.
- Vuori, K.-M., Swanljung, T., Aaltonen, E.-K., Kalliolinna, M. & Jokela, S. 2009. Kokkolan edustan merialueen sedimenttien toksisuus ja ekologinen riskinarviointi. – Suomen ympäristö 1/2009, 35 s + liitteet.
- Ympäristöhallinto 2014. Vesienhoidon 2. suunnittelukausi, vesimuodostumien luokittelu. Ympäristöhallinnon HERTTA – tietojärjestelmä > Vesienhoito, pintavedet > 2. suunnittelukausi > Vesimuodostumat
- Åkerberg, A. & Raunio, J. 2014. Kymijoen alaosan vedenlaadun yhteistarkkailu vuonna 2013. Kymijoen vesi ja ympäristö ry:n julkaisu no 240/2014.
- Åkerberg, A. 2015. Kymijoen alaosan vedenlaadun yhteistarkkailu vuonna 2014. Kymijoen vesi ja ympäristö ry:n julkaisu no 248/2015.